

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation,  
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. V. Jansson

**Mittelfristige Ergebnisse der Beckenosteotomie nach Salter  
im Erwachsenenalter**



Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu  
München

vorgelegt von  
Johannes Rösner  
aus Heppenheim

2019

---

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	PD Dr. med. Patrick Weber
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. Christian Kammerlander
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	PD Dr. med. Florian Schmidutz
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	05.12.2019

**Eidesstattliche Versicherung**

Rösner, Johannes

---

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,  
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Mittelfristige Ergebnisse der Beckenosteotomie nach Salter  
im Erwachsenenalter**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und  
alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als  
solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle  
einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in  
ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades  
eingereicht wurde.

München, 18.12.2019

---

Ort, Datum

Johannes Rösner

---

Unterschrift Doktorandin/Doktorand

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Anatomische Grundlagen .....	2
1.1.1	Das gesunde Hüftgelenk .....	2
1.1.2	Das dysplastische Hüftgelenk .....	6
1.2	Operative Therapiemöglichkeiten .....	8
1.2.1	Salter-Osteotomie (Innominate Osteotomy) .....	9
1.2.2	Pemberton-, Lance- und Dega-Osteotomie (Acetabuloplastik) .....	11
1.2.3	Periacetabuläre Osteotomie nach Ganz .....	12
1.2.4	Tönnis- und Steel-Osteotomie (Triple-Osteotomie) .....	13
1.2.5	Chiari-Osteotomie .....	14
1.3	Zielsetzung .....	14
<b>2</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>15</b>
2.1	Untersuchungskollektiv .....	15
2.2	Untersuchungsablauf .....	16
2.2.1	Radiologische Parameter .....	16
2.2.2	Komplikationen .....	24
2.2.3	Körperliche Nachuntersuchung .....	25
2.2.4	Patientenfragebogen .....	26
2.3	Statistische Methoden .....	27
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>28</b>
3.1	Radiologische Ergebnisse .....	28
3.1.1	Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp .....	28
3.1.2	Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel) .....	29
3.1.3	Pfannendachwinkel der Belastungszone nach Bomelli .....	30
3.1.4	Vorderer Pfannendachwinkel nach Lequesne und Sèze (VCA-Winkel) .....	31
3.1.5	Migrationsindex nach Reimers (migration percentage) .....	32
3.1.6	Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel) .....	33
3.1.7	Pfannen-Kopf-Index nach Heyman und Herndon (acetabulum-head index) .....	34
3.1.8	Arthrosestadium nach Kellgren und Lawrence (Kellgren-Lawrence-Score) .....	35
3.2	Ergebnisse der körperlichen Nachuntersuchung .....	37
3.3	Ergebnisse der Patientenfragebögen .....	38
3.3.1	Harris Hip Score .....	39
3.3.2	WOMAC .....	40

3.4	Analyse der Komplikationen .....	42
3.4.1	Komplikationen nach Primäreingriff .....	42
3.4.2	Komplikationen nach Revisionseingriff .....	48
3.4.3	Einteilung nach Gosling & Gouma .....	53
4	<b>Diskussion</b> .....	<b>55</b>
4.1	Methodendiskussion .....	56
4.2	Ergebnisdiskussion .....	58
5	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>70</b>
6	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>72</b>
7	<b>Anhang</b> .....	<b>78</b>
7.1	Patientenfragebogen .....	78
8	<b>Curriculum Vitae</b> .....	<b>85</b>

## 1 Einleitung

Das Hüftgelenk nimmt hinsichtlich der Statik des Körpers eine zentrale Rolle ein. Durch den aufrechten Gang steht es kontinuierlich unter erheblicher Belastung. Kommt es während der Entwicklung zu anatomischen Fehlstellungen des Gelenks wie einer Hüftdysplasie, sind häufig frühzeitig arthrotische Veränderungen die Folge [1-7]. Daher ist die rechtzeitige Behandlung der kongenitalen Hüftdysplasie im Kindesalter von besonderer Bedeutung. In diesem Alter ist häufig die konservative Therapie mit Spreizhosen wie zum Beispiel der Tübinger Hüftbeugeschiene erfolgreich, wohingegen die Therapieoptionen im fortgeschrittenen Alter abnehmen und meist operative Eingriffe erforderlich sind.

Als operative Therapie entwickelte Robert Bruce Salter in den Jahren 1958 bis 1961 die "Innominate Osteotomy" als Modifikation der bestehenden Techniken der einfachen Beckenosteotomie [8]. Obwohl die Beckenosteotomie nach Salter heute eine etablierte Therapie bei kongenitalen Hüftdysplasien im Kindesalter darstellt, wird die Anwendung bei Erwachsenen in der Literatur kontrovers diskutiert. Nach Ansicht einiger Autoren limitiert die abnehmende Elastizität der Symphysis pubica ab dem 10. Lebensjahr das Operationsergebnis [9, 10]. Andere Autoren beurteilen die Beckenosteotomie nach Salter auch im fortgeschrittenen Alter als gleichwertig zur empfohlenen Triple-Osteotomie nach Tönnis und Steel [4, 11-13].

## 1.1 Anatomische Grundlagen

### 1.1.1 Das gesunde Hüftgelenk

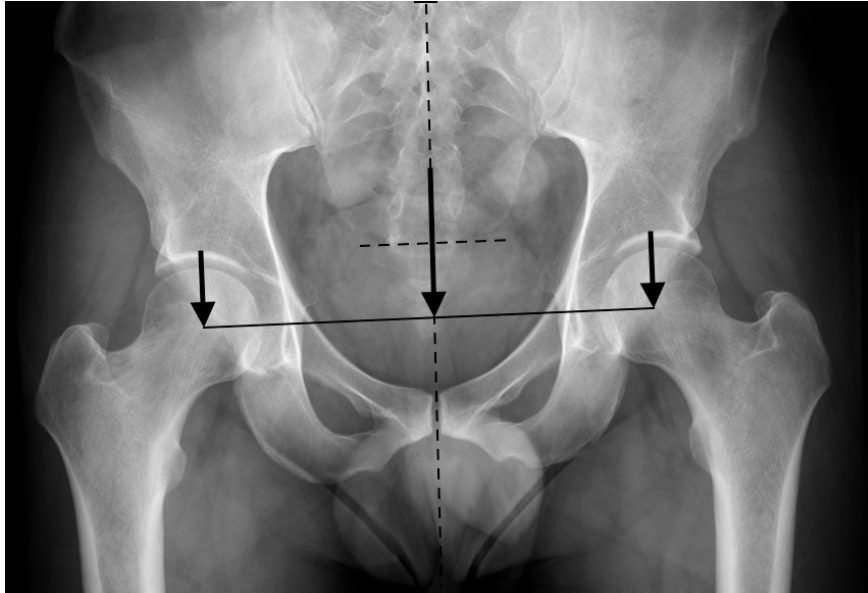
Das Hüftgelenk (*Articulatio coxae*) wird durch die Hüftgelenkpfanne (*Acetabulum*) und den Femurkopf (*Caput femoris*) gebildet. Das Acetabulum besteht dabei aus allen drei Beckenknochen. Das Darmbein (*Os ilium*) stellt das Gelenkdach mit Pfannenerker dar, das Sitzbein (*Os ischii*) die dorsokaudale und das Schambeins (*Os pubis*) die ventrale Begrenzung. Während der Entwicklung des Beckens verschmelzen etwa im 15. Lebensjahr die drei Knochenteile in der Y-Fuge des Acetabulums und formen das Hüftbein (*Os coxae*). Die Gelenkpfanne bildet beim Erwachsenen eine Hohlhalbkugel mit einem Krümmungsradius von etwa 2,7 cm und einer Knorpelfläche von 16 cm<sup>2</sup> [14, 15].

Die knöcherne Begrenzung der Gelenkpfanne wird zirkulär erweitert durch einen bis zu 1 cm breiten Randsaum aus Faserknorpel (*Labrum acetabuli*). Das Labrum wird durch ein Querband (*Ligamentum transversum acetabuli*) in der kaudal verbleibenden Aussparung (*Incisura acetabuli*) vervollständigt. Da die Gelenkpfanne mit Labrum den Schenkelhalskopf jenseits seines Äquators umschließt, handelt es sich beim Hüftgelenk funktionell um ein Nussgelenk (*Enarthrosis spherioidea*), eine Sonderform des Kugelgelenks. Aufgrund der Geometrie dieses dreiachsigen Gelenks sind Bewegungen in allen Ebenen des Raums möglich, allerdings ist der Bewegungsumfang zugunsten einer hohen Stabilität und Belastbarkeit eingeschränkt. Durch die starke ligamentäre und kapsuläre Sicherung des Gelenks wird diese Eigenschaft zusätzlich verstärkt.

Die Gelenkfläche des Hüftgelenks wird durch eine 2 cm breite und 3 mm dicke, sichelförmige hyalinen Knorpelschicht (*Facies lunata*) gebildet. Da der Schenkelhalskopf minimal größer als die Facies lunata ist, besteht hierbei eine physiologische Inkongruenz [16], wodurch die Gelenkfläche gleichmäßig belastet wird [17]. Der kraniale Teil der Facies lunata entspricht in radiologischen Aufnahmen der Sklerosierungslinie, dem Bereich der effektiven Kraftübertragung [17, 18].

Durch diese Formgebung entsteht eine zentrale Vertiefung in der Gelenkpfanne (*Fossa acetabuli*), die das Ligamentum capitis femoris, Blutgefäße, Binde- und Fettgewebe enthält. Sie dient der Dämpfung bei Erschütterungen im Hüftgelenk und der arteriellen Versorgung des Schenkelhalskopfes.

Nach Pauwels [19] verteilt sich die vertikal wirkende Gewichtskraft des Körpers im Zweibeinstand gleichmäßig auf beide Hüftgelenke (Abbildung 1).

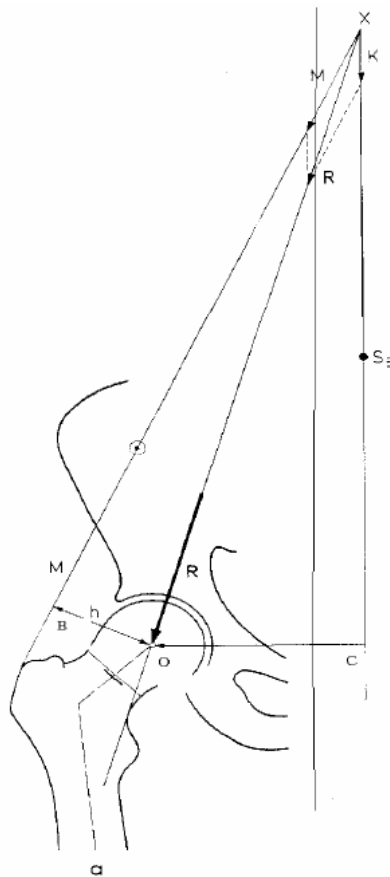


**Abbildung 1: Vertikaler Krafteinfall im Zweibeinstand**

Die Biomechanik des Einbeinstands ist von besonderer Bedeutung, da sie die Verhältnisse während des langsamen Gangs repräsentiert. Dabei verlagert sich die Gewichtskraft des Körpers zur Gegenseite des Standbeins. Durch den verlängerten Hebelarm zwischen Schwerpunkt und Drehpunkt, also Mittelpunkt des Hüftkopfes, würde das Becken ohne muskuläre Regulation zur Seite des Spielbeins abkippen. Um diese einseitige Belastung auszugleichen und das Becken in der Horizontalen zu stabilisieren, muss die pelvitrochantäre Muskulatur aktiviert werden.

Pauwels entwickelte 1935 ein heute noch weithin anerkanntes Model der Biomechanik des Hüftgelenks [20]. Das Model vertritt die Hypothese, dass die resultierende Kraft  $R$  auf das proximale Femur durch die Gewichtskraft  $K$  des Körpers entlang des Körperschwerpunktes  $S_5$  und die antagonistische Kraft  $M$  der pelvitrochantären Muskulatur entsteht. Aufgrund der zentrierten Kraftübertragung auf Hüftgelenk und Femurkopf ist eine Zugspannung auf den Trochanter major und eine Biegung des Femurhalses die Folge.





**Abbildung 2: Wirkende Kräfte am Hüftgelenk im Einbeinstand nach Pauwels (Pauwels F. (1973), Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York [19])**

Heimkes stellte 1993 ein alternatives Modell der Kräfteverhältnisse im Hüftgelenk vor. Zwar stimmt er mit Pauwels Hypothese überein, doch ergänzt er das Modell durch die wirkende Zugkraft  $F_{mk}$  des Tractus iliotibialis und der Knieextensoren auf den Trochanter major [21]. Aus den entgegengesetzten Kräften  $F_{mt}$  und  $F_{mk}$  resultiert die mediokaudal gerichtete Druckkraft  $R_t$  auf den Trochanter major. Da dieses Muster an die Kräfteverteilung der Säulen gotischer Kathedralen erinnert, wird Heimkes Modell auch "clustered-pillar concept" genannt.

Da die Länge des Hebelarms abhängig von der Steilheit des Schenkelhalses ist, ergeben sich für pathologische Schenkelhalsanomalien Änderungen in der Biomechanik.

Bei der Coxa valga nimmt die Belastung des Hüftgelenks stark zu, da die Hüftadduktoren deutlich mehr Kraft aufbringen müssen, um die Hüfte zu stabilisieren. Bei der Coxa vara hingegen sinkt zwar die Belastung des Hüftgelenks, jedoch nimmt die Belastung auf den Schenkelhals zu. Therapeutisch wird dieser Effekt im Rahmen der Varisationsosteotomie genutzt.

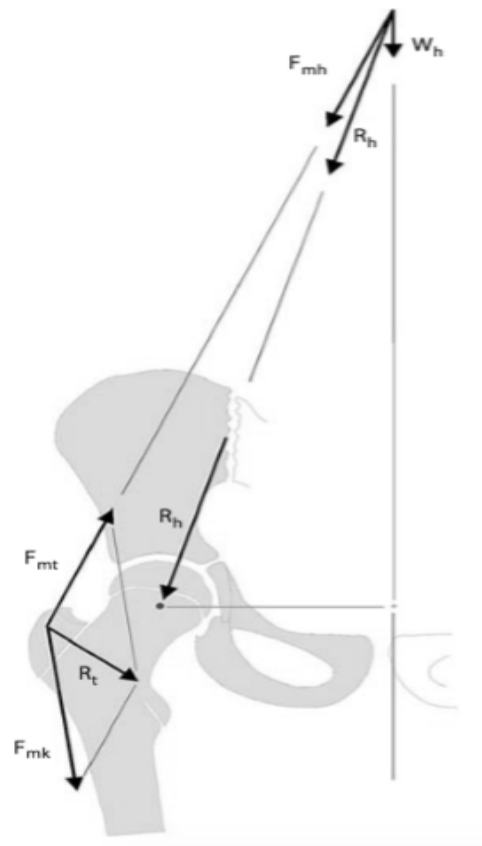


Abbildung 3: Wirkende Kräfte am Hüftgelenk im Einbeinstand: Pauwels-Modell und "clustered-pillar concept" nach Heimkes (modifiziert nach Heimkes et al., 1993 [22])

### 1.1.2 Das dysplastische Hüftgelenk

Das Hüftgelenk des Neugeborenen ist aufgrund der Elastizität der Gelenkkapsel häufig noch luxierbar, bedingt durch hormonelle und genetische Faktoren sowie die intrauterine Beckenendlage [14, 23-25].

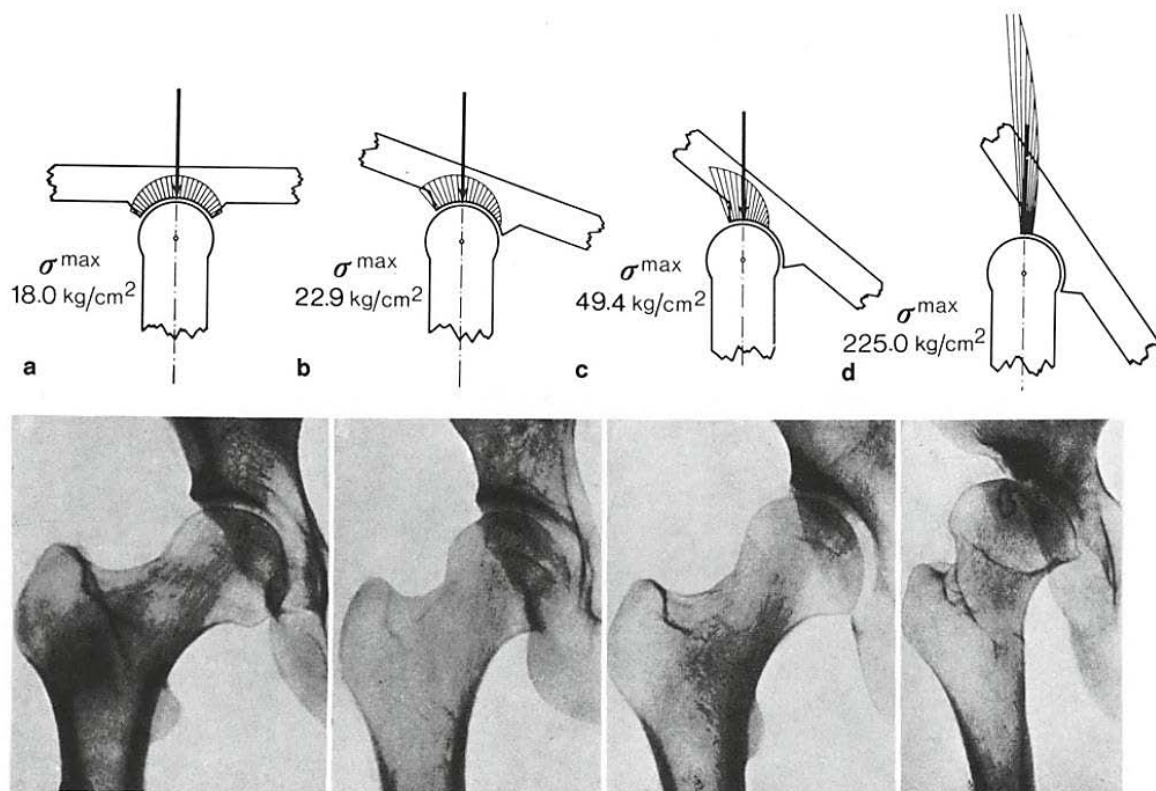
Kommt es hierdurch allerdings zu Ossifikationsstörungen der Gelenkpfanne oder einem verminderten Entwicklungsreiz durch mangelnden zentrischen Druck des Schenkelhalskopfes, können morphologische Ausprägungsdefizite die Folge sein [14]. Die Hüft dysplasie kann unbehandelt zu einer Hüftluxation führen, bei der die mangelhafte Überdachung des Schenkelhalskopfes durch das Pfannendach und die ungenügend tief ausgeprägte Gelenkpfanne kennzeichnend sind.

Der physiologisch ausgeprägte Wachstumsreiz im Rahmen der Pubertät stellt ein weiteres Risiko zur Entwicklung einer Hüftanomalie dar, sofern es zu ungleichmäßigem Wachstum der Knochenteile kommt.

Bereits eine beginnende Dezentrierung des Hüftkopfes kann die weitere Entwicklung des Pfannenerkers durch die ungleichmäßige Belastung in der Gelenkpfanne behindern.

Das ausgewachsene Hüftgelenk ist physiologisch horizontal überdacht und bildet eine große Auflagefläche für den Hüftkopf. Durch diese Geometrie ist die Druckspannung gering und gleichmäßig auf das Gelenk verteilt. Die subchondrale Sklerosierungszone (*Sourcil* nach Pauwels [19] oder *Weight Bearing Surface* nach Bombelli [26]) ist gering ausgeprägt und regelmäßig über die gesamte Artikulationsfläche ausgedehnt (Abb.3, a).

Bei zunehmender Steilstellung der Gelenkpfanne nimmt die tragende Gelenkfläche ab. Als Folge konzentriert sich die Druckspannung auf eine kleinere Fläche und die mechanische Belastung steigt in Richtung des Pfannenerkers an. Zunächst zeigt sich reaktiv eine subchondrale Verdichtung der Gelenkflächen. Wird die Toleranzgrenze des Knochengewebes allerdings überschritten, ist eine Verminderung der Knochendichte mit arthrotischen Destruktionen und Zystenbildung die Folge (Abb.3, b-d).



**Abbildung 4: Unterschiedliche Belastung des Acetabulums durch Stellung des Hüftkopfes (modifiziert nach Pauwels 1973 [19])**

Während die einseitige Kranialisierung des Schenkelhalskopfes eine Beinlängenverkürzung zur Folge hat, führt die beidseitige Luxation durch die Insuffizienz der Glutealmuskulatur in ihrem Ansatz am Trochanter major zu einer Hüftbeugekontraktur mit kompensatorischer Hyperlordose der Lendenwirbelsäule. Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule sind im weiteren Verlauf die Folge.

Ohne adäquate Therapie kommt es bei schweren Formen der Hüftdysplasie zu bleibenden Schäden des Hüftgelenks mit Gangstörungen, Hinken und Schmerzen bei alltäglichen Aktivitäten bedingt durch den erhöhten Druck am Pfannenerker. Im Verlauf droht eine Coxarthrose und therapeutisch ein endoprothetischer Gelenkersatz.

## 1.2 Operative Therapiemöglichkeiten

Die Therapieoptionen bei Hüftdysplasie müssen abhängig vom Ausmaß der Deformität, vom Patientenalter und der Grunderkrankung ausgewählt werden.

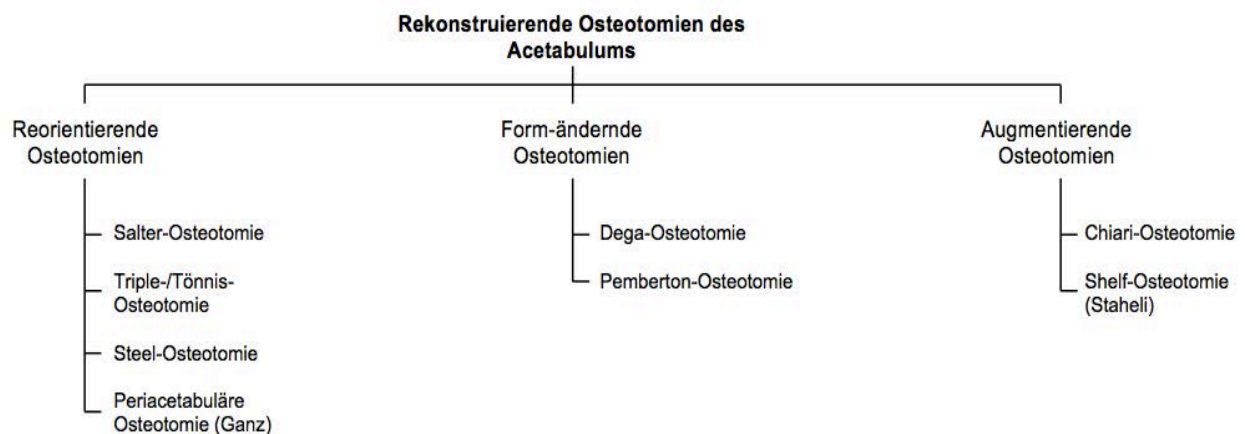
Im Säuglingsalter ist die konservative Therapie mit Orthesen wie der Tübinger Hüftbeugeschiene häufig erfolgreich. Bei verbleibendem Ossifikationsdefizit sowie den meisten durch Grundkrankheiten bedingten Hüftgelenkserkrankungen muss eine präventive operative Therapie erwogen werden, um die physiologische Entwicklung des Gelenks sicherzustellen. Allerdings sollte dies nur in Ausnahmefällen wie bei einem luxierten Hüftgelenk vor Erreichen des zweiten Lebensjahres erfolgen.

Bei älteren Kindern und Erwachsenen ist aufgrund der vorangeschrittenen oder bereits abgeschlossenen Ossifikation der Hüftgelenkpfanne in der Regel eine operative Behandlung indiziert.

Zur objektiven Entscheidungsfindung der Therapie werden zunächst radiologische Parameter des Hüftgelenks herangezogen. Ab dem Jugendalter spielen häufig auch subjektive Beeinträchtigungen wie belastungsabhängige Schmerzen und Instabilitäten eine bedeutende Rolle bei der Wahl der geeigneten Therapie.

Während in der Literatur die Beckenosteotomie nach Salter und die Acetabuloplastik nach Pemberton oder Dega im Kindesalter empfohlen werden, findet die Dreifachosteotomie ab dem Jugendalter vorwiegend ihre Anwendung.

Ziel der operativen Korrektur ist das Erreichen einer ausreichenden Überdachung des Hüftkopfes durch die Gelenkpfanne. Hierdurch wird die gleichmäßige Verteilung der Druckkräfte im Gelenk erreicht und die physiologische Ausbildung der knöchernen Strukturen im weiteren Verlauf gefördert.



**Abbildung 5: Übersicht häufig durchgeführter Beckenosteotomien (modifiziert nach Moseley 2013)[27]**

### 1.2.1 Salter-Osteotomie (Innominate Osteotomy)

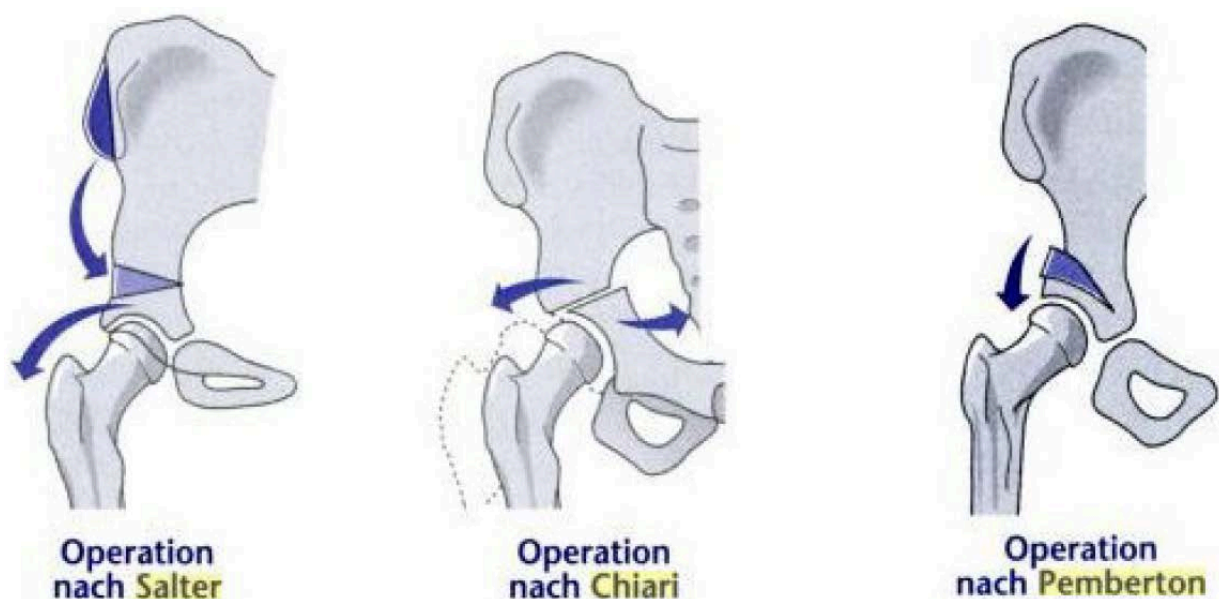
Dieses Verfahren ist eine Standardmethode im Kindesalter und wird in der Literatur bis zum 9. Lebensjahr empfohlen. Die Begründung liegt in der abnehmenden Flexibilität der Symphyse mit zunehmendem Alter und somit einer eingeschränkten Schwenkbarkeit der Hüftgelenkpfanne [9, 10].

Das Os ilium wird dabei oberhalb des Hüftgelenkes durchtrennt. Über die Symphyse wird die Hüftgelenkspfanne nach außen und vorn über den Hüftkopf geschwenkt und mithilfe eines Knochenkeils und entsprechender Gewindestäbe fixiert. Das Prozedere der Technik ist detailliert im folgenden Abschnitt beschrieben.

In Rückenlage des Patienten werden zunächst die zu operierende Hüfte und der Rumpf in einem Winkel von 30° zum Operationstisch hochgelagert und mit Stützen fixiert. Der Zugang erfolgt ventral mit einem Abstand von 1 cm distal der Crista iliaca mittig und verläuft leicht geschwungen nach distal bis zur Mitte des Leistenbandes. Nach Mobilisierung und Verlagerung der Muskulatur wird die Sehne des M. iliopsoas durchtrennt. Etwa 2 cm oberhalb der Spina iliaca anterior superior wird mit einer oszillierenden Säge ein kortikaler Span in 30° aus dem ventralen Abschnitt des Beckenkamms geschnitten. Danach wird das Os ilium mithilfe einer Gigli-Säge knapp oberhalb des Kapselansatzes von dorsal nach ventral in einem Zug durchtrennt. Nun wird die Hüfte und das Kniegelenk maximal gebeugt und das distale Fragment des Os ilium mit dem „Salter-Handgriff“ nach ventral und lateral gekippt, um den Osteotomiespalt aufzuklappen. Im Klinikum Großhadern wird nun eine leicht

modifizierte Technik angewendet, indem die Osteotomie mit einem Gewindestab durch das distale Fragment des Os ilium fixiert wird. Danach erst wird der passend vorbereitete Knochenspan eingebracht. Zuletzt werden bei juvenilen und erwachsenen Patienten nacheinander drei semirigide Gewindestäbe vom Os ilium durch den Span ins Os pubis und Os ischii gebohrt und die Osteotomie endgültig fixiert. Im frühen Kindesalter finden stattdessen Kirschnerdrähte Anwendung. Beim mehrfachen Durchbewegen des Hüftgelenks intraoperativ wird die Stabilität der Konstruktion überprüft, wobei hierbei keine Reibgeräusche auftreten sollten. Um die mechanische Reizung des umgebenden Gewebes zu minimieren, werden die eingebrachten Gewindestäbe bis zum subkutanen Fettgewebe gekürzt. Vor dem Verlassen des Operationssaales erfolgt eine letzte Kontrolle mithilfe eines Bildwandlers.

Im Kindesalter besteht die Nachbehandlung aufgrund der geringen Compliance in einer Immobilisierung und Fixation im Becken-Bein-Gips für 6 Wochen in leichter Flexions-, Abduktions- und Innenrotationsstellung (20-30°). Danach erfolgt die Entfernung der Gewindestäbe und progressive Mobilisierung des Patienten [8, 9, 28].



**Abbildung 6: Technik der Beckenosteotomien nach Salter, Chiari und Pemberton (Breusch et. al., 2006, S. 629)**

### **1.2.2 Pemberton-, Lance- und Dega-Osteotomie (Acetabuloplastik)**

Acetabuloplastiken finden optimalerweise bis zum 15. Lebensjahr ihre Anwendung. Hauptsächlich wird die Indikation für diese Methode bei neurogenen Hüftluxationen gestellt. Da der Drehpunkt im Vergleich zur Salter-Osteotomie näher am Acetabulum liegt, sind in der Regel bessere Korrekturmöglichkeiten gegeben. Allerdings steigt das Risiko einer Wachstumsstörung bei der Acetabuloplastik aufgrund der topografischen Nähe zur Y-Fuge. Zusätzlich ist die Technik anspruchsvoller als die Salter-Osteotomie. Dabei wird das Os ilium ca. 1-1,5 cm oberhalb des Acetabulums mithilfe eines Meißels sphärisch osteotomiert, um eine möglichst anatomische Rekonstruktion der Gelenkpfanne zu erzielen. Als Besonderheit erfolgt hierbei keine vollständige Durchtrennung des Knochens in Richtung der Y-Fuge. Das gelöste Pfannenfragment wird nun durch Einbringen eines Knochenkeils nach ventral und lateral um die Y-Fuge gedreht. Zusätzlich ist die Fixation dieser Konstruktion durch Kirchnerdrähte möglich. Die Nachbehandlung besteht in einer Fixation im Becken-Bein-Gips für 6 Wochen. Danach erfolgt die Entfernung der Gewindestäbe und Mobilisierung des Patienten [9, 28, 29].

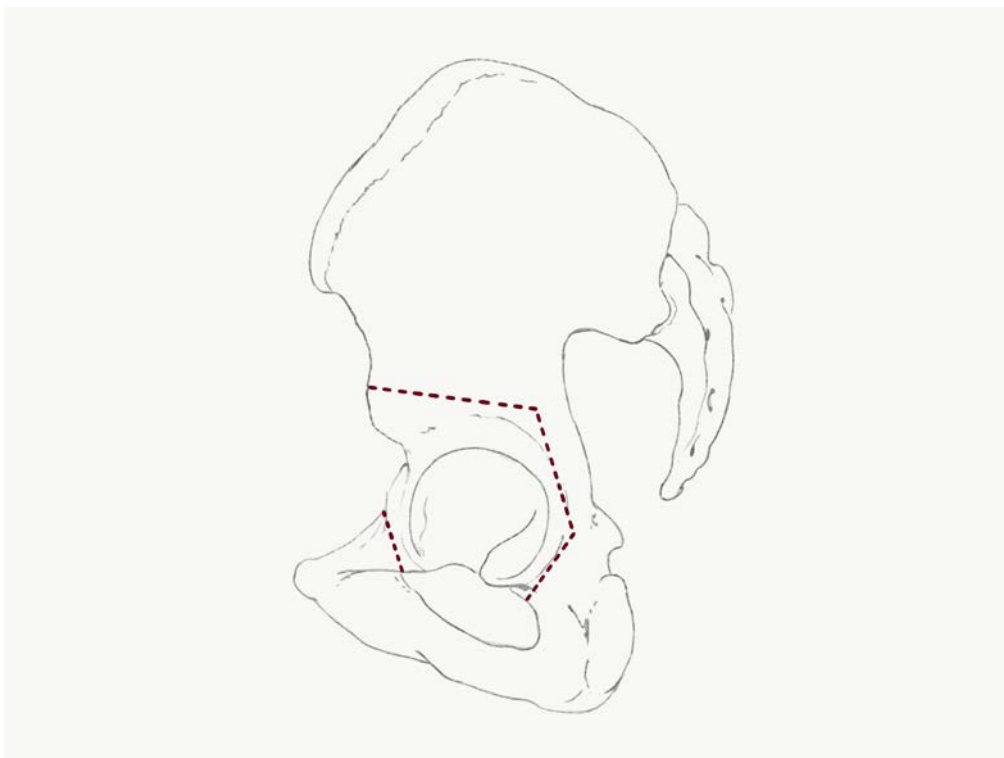


### 1.2.3 Periacetabuläre Osteotomie nach Ganz

Bei der Ganz-Osteotomie erfolgt die Korrektur durch kugelförmiges Ausmeißeln um die Gelenkpfanne. Dabei werden Os ilium und Os ischii nicht vollständig durchtrennt, sondern durch eine dorsale Osteotomie verbunden.

Da hierbei die Y-Fuge durchkreuzt wird, findet diese Osteotomie ausschließlich Anwendung bei ausgewachsenen Becken im Erwachsenenalter. Die Nähe zum Gelenk erlaubt eine große acetabuläre Reorientierung.

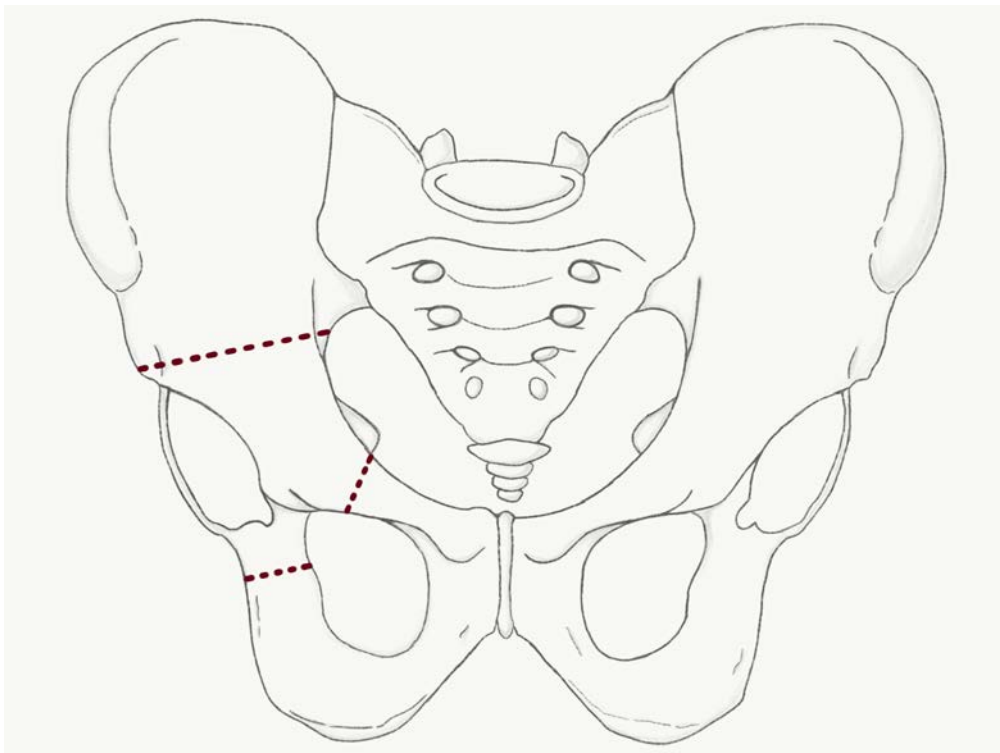
Im Gegensatz zur Triple-Osteotomie ist bei dieser Technik lediglich eine ventrale Inzision notwendig, der modifizierte Smith-Petersen-Zugang. Da die knöchernen Strukturen unvollständig durchtrennt werden, bleibt der Beckenring erhalten. Durch die resultierende bessere Stabilität des Beckens ist eine frühe Mobilisierung möglich und eine nur geringe Fixation mit Osteosynthesematerial notwendig. Außerdem ist das Risiko einer Läsion des N. ischiadicus vermindert. Andererseits ist die Technik nach Ganz technisch anspruchsvoll und ohne visuelle Kontrolle. Somit besteht die Gefahr einer intraartikulären Lage der Osteotomie [9, 28, 30].



**Abbildung 7: Technik der Periacetabulären Beckenosteotomie**

#### 1.2.4 Tönnis- und Steel-Osteotomie (Triple-Osteotomie)

LeCoeur beschrieb die Dreifachosteotomie des Beckens erstmals 1965. Später erfolgten Modifikationen von Hopf, Sutherland, Steel und Tönnis. Heutzutage finden hauptsächlich die Modifikationen nach Steel und Tönnis Anwendung. Charakteristisch für diese Techniken ist die vollständige Durchtrennung aller drei Knochenanteile um das Hüftgelenk. Dabei erfolgt die Osteotomie des Os ilium horizontal unmittelbar oberhalb der Spina iliaca anterior inferior. Nach Steel und Tönnis wird danach durch einen zweiten Zugang die Osteotomie des Os ischii und Os pubis in der Nähe des Acetabulums durchgeführt, um die Korrekturmöglichkeiten zu optimieren. Die Triple-Osteotomie erfordert nicht den Schluss der Y-Fuge und kann daher in der Regel ab dem 8. Lebensjahr durchgeführt werden. Die wahrscheinlich häufigste Komplikation ist eine Überkorrektur mit dem Risiko eines iatrogenen Impingement [9, 28, 31-33]



**Abbildung 8: Technik der Triple-Beckenosteotomie**

### **1.2.5 Chiari-Osteotomie**

Bei der Beckenosteotomie nach Chiari erfolgt das Durchtrennen des Os ilium kranial der Gelenkkapsel nach medial ansteigend. Danach werden die distalen Anteile des Beckens nach mediokranial und die proximalen Anteile nach laterokaudal über den Hüftkopf verlagert. Die Fixation erfolgt mit Kirschnerdrähten oder einer Gewindeschraube.

Durch die Verlagerung des Drehzentrums nach medial verkürzt sich der Lastarm. Die geringere Belastung des Gelenks führt zu einer Schmerzreduktion.

Nachteilig bei dieser Technik ist die weitere Steilstellung des knorpeligen Anteils der Gelenkpfanne mit der Folge, dass die meistbelastete Zone nicht aus hyalinem Knorpel, sondern aus knöchernen Strukturen gebildet wird. Generell wird die Chiari-Osteotomie nur noch in seltenen Fällen als Bergungsprozedur beim Erwachsenen oder bei instabilen Hüften im Kindesalter angewendet [34, 35].

## **1.3 Zielsetzung**

Die Saltersche Beckenosteotomie wird von vielen Autoren im Erwachsenenalter als kritisch angesehen, da aufgrund der Verknöcherung der Symphyse keine ausreichende Schwenkung des Beckens möglich sei. An der Klinik und Poliklinik für Orthopädie der LMU München wurde seit Jahren die Beckenosteotomie nach Salter auch im Erwachsenenalter durchgeführt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war eine retrospektive Analyse der Patienten, bei denen im Erwachsenenalter eine Salter-Osteotomie bei kongenitaler Hüft dysplasie durchgeführt worden war. Dabei sollte die radiologische Vermessung der Pfanne prä- und postoperativ erfolgen. Des Weiteren wurden die klinischen Ergebnisse der Patienten evaluiert und die Komplikationen dezidiert untersucht. Die Ergebnisse sollten mit den Resultaten der alternativen Beckenosteotomien, insbesondere der Triple-Osteotomie und der periacetabulären Osteotomie, aus der Literatur verglichen werden. Einige Autoren sehen die Ergebnisse der Salterosteotomie auch bei ausgewachsenen Hüften als vergleichbar an bezüglich der Korrekturmöglichkeiten sowie der Komplikationsrate [4, 11-13]. Diese Hypothese sollte im Rahmen dieser Arbeit an einem größeren Patientenkollektiv untersucht werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Untersuchungskollektiv**

Eingeschlossen wurden alle erwachsenen Patienten, welche im Zeitraum von 2004 bis 2013 im Klinikum Großhadern der LMU München eine Beckenosteotomie nach Salter erhielten. Die entsprechenden Daten wurden mithilfe des klinikinternen Dokumentationssystems ermittelt.

Da das Einschlusskriterium die abgeschlossene Ossifikation des Beckens war und diese beim weiblichen früher als beim männlichen Geschlecht stattfindet, mussten männliche Patienten das Mindestalter von 18 Jahren und weibliche Patienten das Mindestalter von 16 Jahren zum Zeitpunkt des Eingriffs erreicht haben.

Ausschlusskriterium war das Fehlen radiologischer prä- und postoperativer Befunde.

Anhand dieser Kriterien konnten 45 Patienten ermittelt werden. Bei 4 dieser Patienten wurde die Osteotomie beidseitig durchgeführt, daher ergeben sich insgesamt 49 operative Eingriffe im Kollektiv.

Es wurden Geburtsdatum der Patienten, Alter zum Zeitpunkt der Operation, Geschlecht und Seite dokumentiert und in Microsoft Excel 2011, Version 14.7.2 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) übertragen. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 27,8 Jahre (16 - 51 Jahre).

Zusätzlich zur Beckenumstellungsosteotomie wurde bei 6 Hüften eine intertrochantäre Femurosteotomie (ITO) durchgeführt. Die Indikation dazu wurde bei extremer Coxa valga gestellt oder wenn nach durchgeführter Beckenosteotomie die Überdachung intraoperativ noch als mangelhaft angesehen wurde.

Bei allen eingeschlossenen Beckenosteotomien wurden die radiologischen prä- und postoperativen Aufnahmen ausgewertet. Die dabei standardmäßig ausgewerteten Winkel werden im weiteren Verlauf aufgeführt.

## **2.2 Untersuchungsablauf**

### **2.2.1 Radiologische Parameter**

Für die Auswertung der radiologischen Daten wurden Beckenübersichtsaufnahmen und Faux-Profil-Aufnahmen verwendet. Dabei wurden die unmittelbar präoperative und unmittelbar postoperative Aufnahme aus den digitalisierten Krankenakten der Patienten ausgewählt und vermessen, um mögliche Einflussfaktoren zu minimieren. Anschließend wurden die erhobenen Werte verglichen, um die Korrekturmöglichkeiten der Operation zu beurteilen. Folgende radiologische Parameter wurden hierbei bestimmt [14, 36, 37]:

### Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp

Der Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp [38, 39] dient der Beurteilung des Pfannendachs in der Frontalebene. Er wird zwischen einer Geraden durch die kaudalsten Punkte der Köhler-Tränenfigur (kaudalster Punkt der Incisura acetabuli) und einer Geraden durch den lateralsten Punkt des Pfannenerkers und den kaudalsten Punkt der Köhler-Tränenfigur gebildet. Der Vorteil gegenüber dem AC-Winkel besteht darin, dass er auch nach Verknöcherung der Y-Fuge ermittelt werden kann. Winkel über  $43^\circ$  wurden von Ullmann und Sharp bei über 14-Jährigen als pathologisch beschrieben. Laut Zippel beträgt der durchschnittliche Winkel bei über 20-Jährigen  $39,5^\circ$  [40].

Alter (Jahre)	Normwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
1 – 11	46	$\leq 49$	50 – 52	53 – 55	$\geq 56$
11 – 13	44	$\leq 47$	48 – 51	52 – 54	$\geq 55$
13 – 14	42	$\leq 45$	46 – 49	50 – 52	$\geq 53$
Ab 14	40	$\leq 43$	44 – 46	47 – 49	$\geq 50$

Tabelle 1: Normwerte und Abweichungsgrade des Ullmann-Sharp-Winkels nach DGOT [14]



Abbildung 9: Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp

### Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel)

Mithilfe des CE-Winkels lässt sich die Überdachung des Hüftkopfes in der Frontalebene beurteilen. Konstruiert wird dieser Winkel mit einer Parallelen zur Körperachse durch den Mittelpunkt des Hüftkopfes und einer Geraden durch die laterale Begrenzung der Hüftgelenkpfanne (lateraler Pfannenerker) und das Hüftkopfbereich. Je steiler und flacher die Hüftpfanne ist, desto kleiner misst sich dieser Winkel [41, 42]. Winkel unter 30° sind bei über 18-Jährigen als pathologisch zu werten [14]. Andere Autoren beschreiben bereits Winkel unter 25° als pathologisch in dieser Altersklasse [43, 44].

Alter (Jahre)	Normwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
≤ 8	25	≥ 20	≥ 15	≥ 0	< 0
> 8 - ≤ 18	32	≥ 25	≥ 20	≥ 5	< 5
> 18	35	≥ 30	≥ 20	≥ 5	< 5

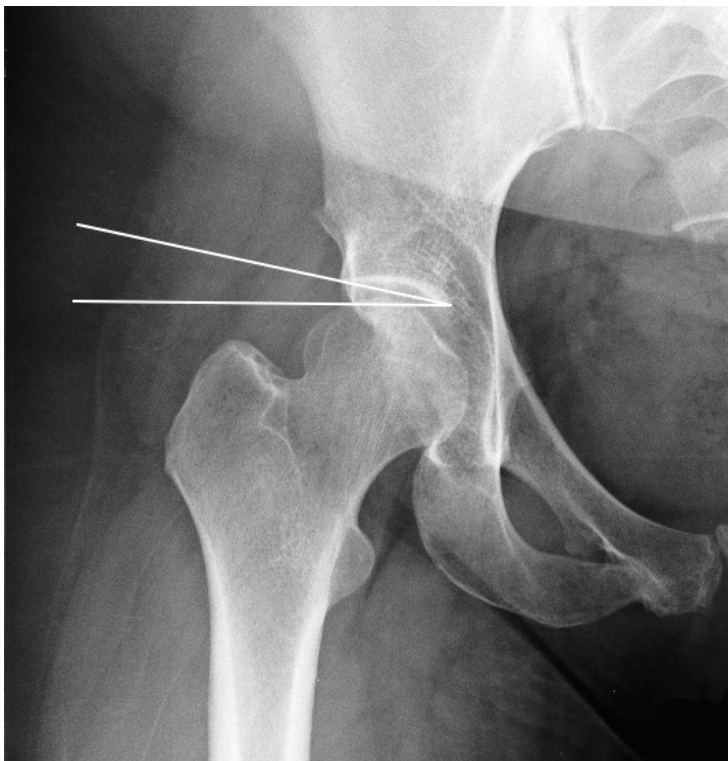
**Tabelle 2: Normwerte und Abweichungsgrade des CE-Winkels nach DGOT [14]**



**Abbildung 10: Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel)**

### **Pfannendachwinkel der Belastungszone nach Bombelli**

Dieser Winkel, englisch auch Angle of the Weight-Bearing Zone genannt, beschreibt den Neigungswinkel der Sklerosierungszone des Acetabulums in der Frontalebene. Konstruiert wird er durch eine Gerade, die senkrecht zur Längsachse des Beckens verläuft und den medialsten Punkt der Sklerosierungszone schneidet. Der Winkel wird gebildet, indem an diesem Punkt eine weitere Gerade durch den lateralsten Punkt des Pfannenerkers gezogen wird. Der Normwert liegt bei maximal 9°, jedoch ist auch die erweiterte Norm zwischen -10° und 15° gängig [14, 45, 46].



**Abbildung 11: Pfannendachwinkel der Belastungszone nach Bombelli**



**Vorderer Pfannendachwinkel nach Lequesne und de Sèze (VCA-Winkel)**

Der VCA-Winkel ist ein Maß für die ventrale Überdachung des Hüftkopfes in der Sagittalebene. Dafür wird eine seitliche Faux-Profil-Röntgenaufnahme des Beckens benötigt. Gebildet wird der Winkel zwischen einer Vertikalen durch den Hüftkopfmittelpunkt und einer Geraden durch den ventralsten Punkt des Pfannenrands und den Hüftkopfmittelpunkt.

Alter (Jahre)	Normwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
> 18	37	> 25	25 - 20	20 - 5	< 5

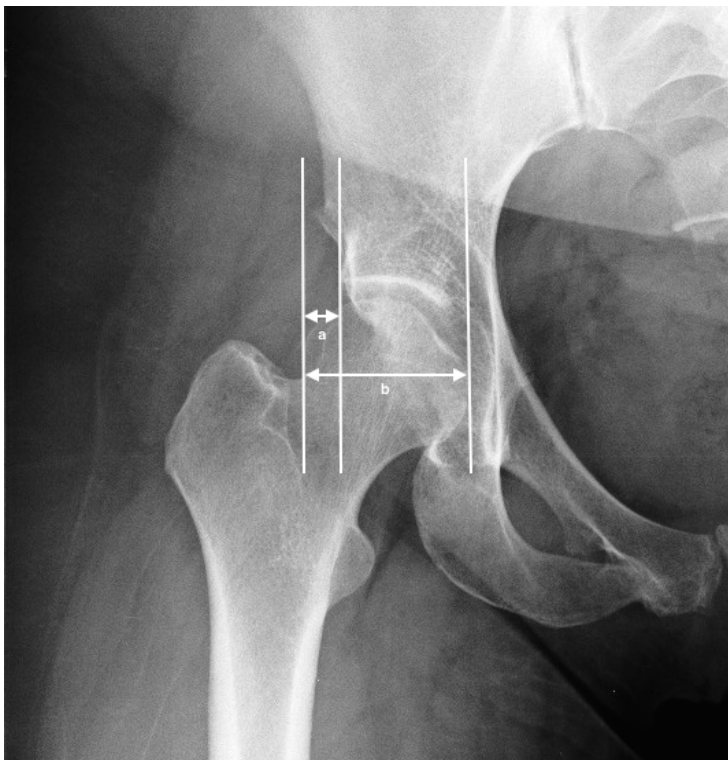
**Tabelle 3: Normwerte und Abweichungsgrade des VCA-Winkels [47]**



**Abbildung 12: Vorderer Pfannendachwinkel nach Lequesne und de Sèze (VCA-Winkel)**

**Migrationsindex nach Reimers (Migration Percentage)**

Der Migrationsindex oder Instabilitätsindex nach Reimers [48] dient der Beurteilung der lateralen Dezentrierung des Hüftkopfes im Acetabulum. Dabei misst er den prozentualen Anteil des Hüftkopfes, der nicht von der Gelenkpfanne überdacht ist. Zunächst wird der maximale horizontale Durchmesser des Hüftkopfes bestimmt. Diese Strecke  $b$  stellt einen Parameter für die nachfolgende Ermittlung des Index dar. Danach wird der Abstand der lateralen Hüftkopfbegrenzung zu einer Senkrechten durch den lateralsten Punkt des Pfannenerkers (Ombrédanne-Perkins-Linie [49]) ermittelt. Diese Strecke  $a$  stellt den zweiten Parameter dar. Der Instabilitätsindex ergibt sich aus dem Quotienten  $a/b \times 100$ . Vorteilhaft bei diesem Index ist die weitgehende Unabhängigkeit von Lagerungsfehlern. Verschiedene Autoren beurteilten Werte zwischen 10% und 30% als regelrecht [50-52].



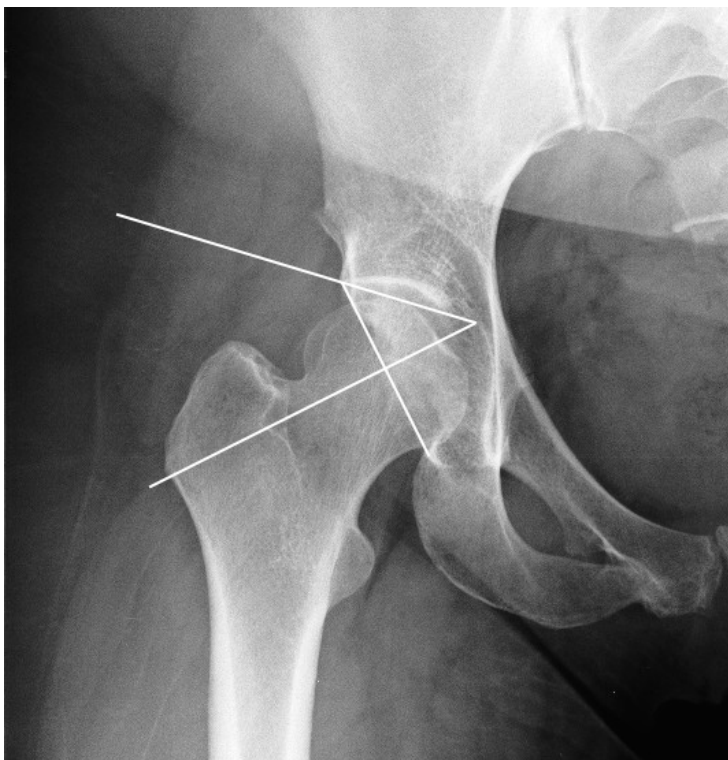
**Abbildung 13: Migrationsindex nach Reimers (Migration Percentage)**

### Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel)

Der ACM-Winkel [53] beurteilt das Ausmaß der Gelenkpfannentiefe, daher bezieht er sich weniger auf das Pfannendach als auf Pathologien innerhalb des gesamten Acetabulums. Zur Konstruktion des ACM-Winkels wird eine Strecke AB von der lateralen Grenze des Pfannenerkers A bis zur kaudalen Grenze des Pfannenrands B, an welchen die Incisura acetabuli heranreicht, eingezeichnet. Vom Mittelpunkt M dieser Strecke wird nun ein Lot bis zur medialen Pfannenbegrenzung C gezeichnet. An diesem Pfannengrundschnittpunkt wird eine Gerade durch die laterale Begrenzung des Pfannenerkers A gezogen und der Winkel zwischen AC und AM gemessen. Dieser Winkel ist nahezu unabhängig von der Drehung und Kippung des Beckens und vom Alter des Patienten. Nach Idelberger und Frank sind Winkel unter 50° als normal zu werten.

Alter (Jahre)	Normwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
> 2	45	< 50	≥ 50	≥ 55	≥ 60

**Tabelle 4: Normwerte und Abweichungsgrade des ACM-Winkels nach dem Klassifizierungssystem des DGOT [14]**



**Abbildung 14: Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel)**

### **Pfannen-Kopf-Index nach Heyman und Herndon (acetabulum-head index)**

Der Pfannen-Kopf-Index [52] ist dem Migrationsindex ähnlich, daher erfolgt die Konstruktion der Variablen wie bereits beschrieben. Allerdings wird beim Pfannen-Kopf-Index der überdachte Teil des Hüftkopfes durch das Acetabulum prozentual dargestellt. Er ergibt sich aus dem Quotienten  $(b-a)/b \times 100$ . Laut Heyman und Herndon beträgt die normale Überdachung zwischen 70% und 90%

### **Arthrosestadium nach Kellgren und Lawrence**

Die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) empfiehlt die Klassifikation der Coxarthrose nach radiologischen und klinischen Befunden [54]. Radiologisch lässt sich die Erkrankung nach dem 1957 entwickelten Kellgren-Lawrence-Score in vier Schweregrade einteilen [55]. Dabei wird ab Stadium III in der Regel die Diagnose einer mäßigen Coxarthrose gestellt.

Stadium I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Gelenkspaltverschmälerung oder Osteophyten</li> <li>• geringe subchondrale Sklerosierung</li> </ul>
Stadium II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Gelenkspaltverschmälerung und beginnende Osteophytenbildung</li> <li>• leichte Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche</li> </ul>
Stadium III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgeprägte Osteophytenbildung und Gelenkspaltverschmälerung</li> <li>• deutliche Unregelmäßigkeiten der Gelenkfläche</li> </ul>
Stadium IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion und große Osteophyten</li> <li>• Deformierung und Nekrose der Gelenkpartner möglich</li> </ul>

**Tabelle 5: Klassifikation der Arthrose nach Kellgren und Lawrence [55]**

### **2.2.2 Komplikationen**

Etwaig aufgetretene Komplikationen wurden durch die Auswertung der klinikinternen Dokumentation erhoben und dann die einzelnen Fälle detailliert klinisch und radiologisch aufgearbeitet.

Zur systematischen Analyse der Komplikationen wurde das standardisierte Klassifikationssystem nach Gosling & Gouma [56] verwendet. Die Schwere der jeweiligen Komplikation wurde dabei folgendermaßen eingeteilt:

Grad 1: Temporäre Beeinträchtigung, keine Revision notwendig

Grad 2: Genesung nach Revision

Grad 3: (Wahrscheinlich) dauerhafte Beeinträchtigung

Grad 4: Tod

Grad 5: Unklar aufgrund vorzeitigen Ablebens

### 2.2.3 Körperliche Nachuntersuchung

Ferner wurden die Patienten kontaktiert und für eine klinische Nachuntersuchung einbestellt, sofern diese nicht bereits im vorigen Jahr erfolgt war. Mithilfe der in den Krankenakten hinterlegten Daten erfolgte die Kontaktaufnahme zunächst telefonisch. Sofern die Daten nicht aktuell waren, wurde eine Auskunft über den Hausarzt der Patienten eingeholt. Da auch dies nicht immer möglich war, wurden in einigen Fällen schriftliche Einladungen versendet.

Die Patienten füllten im Rahmen der Nachuntersuchung die später aufgeführten Fragebögen aus. Sofern eine Nachuntersuchung nicht möglich war, wurden die Scores, soweit möglich, aus der bisherigen klinischen Dokumentationen sowie telefonisch erhoben.

Bei der klinischen Nachuntersuchung standen Beschwerdesymptomatik, Funktionalität und die Bewältigung alltäglicher Aktivitäten im Vordergrund. Folgende Untersuchungen wurden dabei durchgeführt:

- Beurteilung des Gangbildes auf Symmetrie und zum Ausschluss eines Duchenne-Hinkens
- Ausschluss eines Trendelenburg-Zeichens im Einbeinstand
- Feststellung von Beinlängendifferenzen im Liegen
- Prüfung des Bewegungsumfangs nach der Neutralnullmethode mithilfe eines Goniometers unter Annahme folgender, üblicher Normwerte:

Extension/Flexion in Rückenlage:

10-15° / 0° / 130°

Abduktion/Adduktion in Streckstellung und Rückenlage:

30-45° / 0° / 20-30°

Außenrotation/Innenrotation in Rückenlage:

40-50° / 0° / 30-45°

#### **2.2.4 Patientenfragebogen**

Zusätzlich zur körperlichen Nachuntersuchung wurden die Patienten gebeten, ihr subjektives Empfinden in einem standardisierten Fragebogen zu evaluieren. Eingesetzt wurden darin der Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) [57] und der Harris-Hip-Score [58]. Sofern Patienten nicht an der Untersuchung teilnehmen konnten, wurde die Erhebung der Scores schriftlich oder telefonisch durchgeführt. Dabei wurden alle entsprechenden Daten anonymisiert ausgewertet.

##### **Harris-Hip-Score [58]**

Für die klinische Beurteilung der Hüftfunktion wurde der weit verbreitete Harris-Hip-Score verwendet. Der Score wurde 1968 entwickelt und umfasst die Subkategorien "Schmerz", "Funktion", "Bewegungsumfang und Deformität". Bestenfalls können insgesamt 100 Punkte erreicht werden. Dabei waren für die Unterkategorie "Schmerz" maximal 44 Punkte, die Kategorie "Funktion" maximal 47 Punkte und für die Untersuchung der Beweglichkeit sowie möglicher Deformitäten maximal 9 Punkte zu vergeben.

Da einige Patienten nicht an der Nachuntersuchung teilgenommen hatten, wurde in dieser Studie ein modifizierter Harris-Hip-Score angewendet, der lediglich die subjektive Empfindung des Patienten ohne körperliche Untersuchung widerspiegelt. Somit wurde die maximal zu erreichende Punktzahl auf 91 Punkte reduziert. Die Ergebnisse der körperlichen Nachuntersuchung wurden separat ausgewertet, indem die letzte in domo erfolgte klinische Untersuchung herangezogen wurde.

Wie in vormaligen Arbeiten wurden die prozentualen Ergebnisse des modifizierten Harris-Hip-Scores in vier Gruppen eingeteilt [59, 60]:

- Exzellentes Ergebnis/Funktionsstatus: 90-100%
- Gutes Ergebnis/Funktionsstatus: 80-89%
- Durchschnittliches Ergebnis/Funktionsstatus: 70-79%
- Schlechtes Ergebnis/Funktionsstatus: <70%

**Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) [57]**

Nicholas Bellamy entwickelte den Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index 1982, jedoch wurde er seither mehrfach modifiziert. Dieser standardisierte Fragebogen wird häufig angewandt, um den Zustand der Hüfte in den Dimensionen "Schmerz", "Steifheit" und "funktionelle Einschränkungen" zu beurteilen. Dabei beziehen sich 5 Fragen auf die Kategorie "Schmerz", 2 Fragen auf die Kategorie "Steifheit" und 17 weitere Fragen auf die Kategorie "funktionelle Einschränkungen". Jede Frage kann quantitativ auf einer Skala von 0 bis 10 Punkten bewertet werden, wobei der Zustand des Gelenks umso besser ist, je niedriger die Punktzahl ausfällt.

Zusätzlich zum klassischen WOMAC wurden in dieser Arbeit 9 weitere Fragen zu den genannten Dimensionen gestellt, allerdings mit qualitativen Antwortoptionen. Ebenso konnte mithilfe dieses Fragebogens festgestellt werden, ob im Verlauf ein endoprothetischer Ersatz des Hüftgelenks erfolgt war.

**2.3 Statistische Methoden**

Die Erhebungsmerkmale wurden anhand skalenadäquater Maßzahlen beschrieben, dabei die relativen und absoluten Häufigkeiten der Parameter angegeben.

Der Vergleich der radiologischen Parameter erfolgte anhand des T-Tests für verbundene Stichproben, wobei p-Werte  $< 0,05$  als statistisch signifikant bewertet wurden.

Die Auswertung erfolgte mithilfe der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics, Version 22 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA).



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Radiologische Ergebnisse

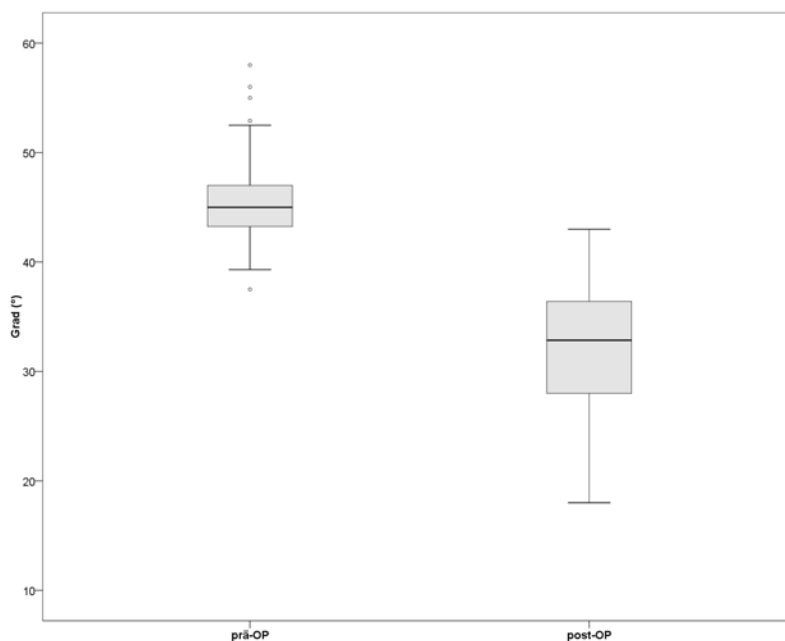
##### 3.1.1 Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp

Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp ermittelt werden.

Präoperativ betrug der Mittelwert des Winkels  $45,6^\circ$ , wobei der minimale gemessene Winkel bei  $37,5^\circ$  und der maximale Winkel bei  $58^\circ$  lag (Standardabweichung:  $4,2^\circ$ ). Dabei ergab sich ein Median von  $45^\circ$ .

Postoperativ betrug der Mittelwert  $31,8^\circ$ , dabei wurden Werte zwischen  $18^\circ$  und  $43^\circ$  gemessen (Standardabweichung:  $6,4^\circ$ ). Der Median lag bei  $32,9^\circ$ .

Somit konnte durch die Operation eine hoch signifikante Korrektur ( $p < 0,001$ ) des Winkels von durchschnittlich  $13,8^\circ$  ( $45,6^\circ \rightarrow 31,8^\circ$ ) erreicht werden. Laut der angegebenen Normwerte in der Literatur entspricht dieses Ergebnis durchschnittlich einer Verbesserung von leicht pathologischen Werten präoperativ zu normalen Werten postoperativ.



**Abbildung 15: Vergleich des Ullmann-Sharp-Winkels prä- und postoperativ**

### 3.1.2 Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel)

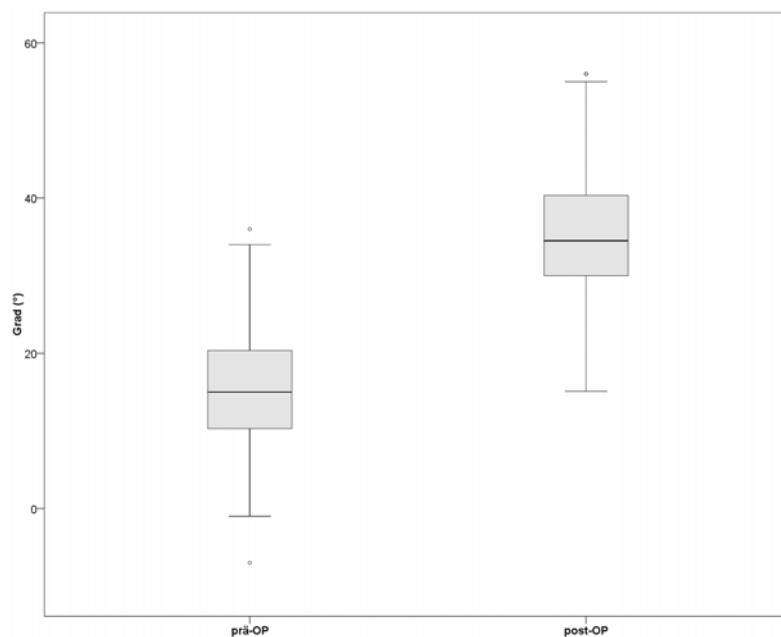
Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der CE-Winkel ermittelt werden.

Präoperativ lagen die gemessenen Winkel zwischen  $-7^\circ$  und  $36^\circ$  (Standardabweichung:  $9,3^\circ$ ), der Mittelwert bei  $15,5^\circ$  und der Median bei  $15^\circ$ .

Postoperativ fanden sich Werte zwischen  $15,1^\circ$  und  $56^\circ$  (Standardabweichung:  $10^\circ$ ).

Durchschnittlich betrug der CE-Winkel  $35,2^\circ$  und der Median  $34,5^\circ$ .

Dies bedeutet eine Korrektur des Winkels von durchschnittlich  $19,7^\circ$  ( $15,5^\circ \rightarrow 35,2^\circ$ ) und eine Verbesserung des CE-Winkels vom schwer pathologischen in den normalen Bereich. Die statistische Auswertung ergab dabei eine hoch signifikante Verbesserung (;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 16: Vergleich des CE-Winkels prä- und postoperativ**

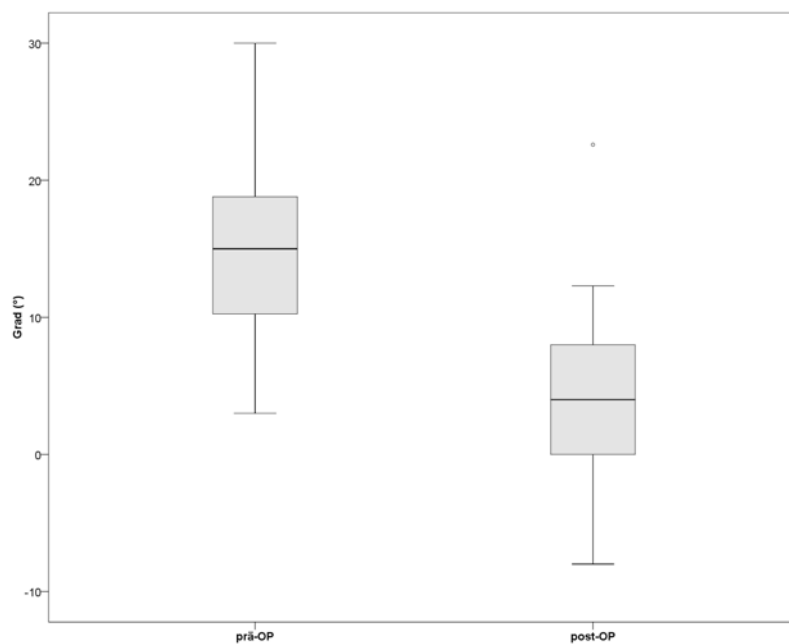
### 3.1.3 Pfannendachwinkel der Belastungszone nach Bomelli

Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der Pfannendachwinkel der Belastungszone bestimmt werden.

Präoperativ lag der Mittelwert bei  $15,2^\circ$ , dabei wurden Winkel zwischen  $3^\circ$  und  $36^\circ$  gemessen (Standardabweichung:  $6,8^\circ$ ). Der Median betrug  $15^\circ$ .

Postoperativ wurde ein durchschnittlicher Winkel von  $4^\circ$  ermittelt, das Minimum lag bei  $-8^\circ$ , das Maximum bei  $22,6^\circ$  (Standardabweichung:  $5,8^\circ$ ). Die ausgewerteten Aufnahmen ergaben einen Median von  $4^\circ$ .

Folglich wurde der Winkel durchschnittlich um  $11,2^\circ$  ( $15,2^\circ \rightarrow 4^\circ$ ) korrigiert und somit eine Verbesserung des Wertes in den regulären Normbereich erzielt. Statistisch konnte dabei eine hoch signifikante Veränderung ( $p < 0,001$ ) gefunden werden.



**Abbildung 17: Vergleich des Pfannendachwinkel der Belastungszone prä- und postoperativ**

### 3.1.4 Vorderer Pfannendachwinkel nach Lequesne und Sèze (VCA-Winkel)

Bei 14 (n=14) operierten Hüften konnte der VCA-Winkel bestimmt werden, da in den übrigen Fällen präoperativ keine Faux-Profil-Aufnahmen erstellt worden waren.

Präoperativ betrug der Mittelwert des Winkels  $32,9^\circ$ , wobei der minimale gemessene Winkel bei  $13,7^\circ$  und der maximale Winkel bei  $75^\circ$  lag (Standardabweichung:  $13,5^\circ$ ). Dabei ergab sich ein Median von  $29^\circ$ .

Postoperativ betrug der Mittelwert  $38,8^\circ$ , dabei wurden Werte zwischen  $23,5^\circ$  und  $58^\circ$  gemessen (Standardabweichung:  $8,5^\circ$ ). Der Median lag bei  $37,7^\circ$ .

Somit konnte durch den Eingriff eine nicht signifikante Korrektur ( $t=-2,1$ ;  $p=0,052$ ) des Winkels von durchschnittlich  $5,9^\circ$  ( $32,9^\circ \rightarrow 38,8^\circ$ ) erreicht werden.

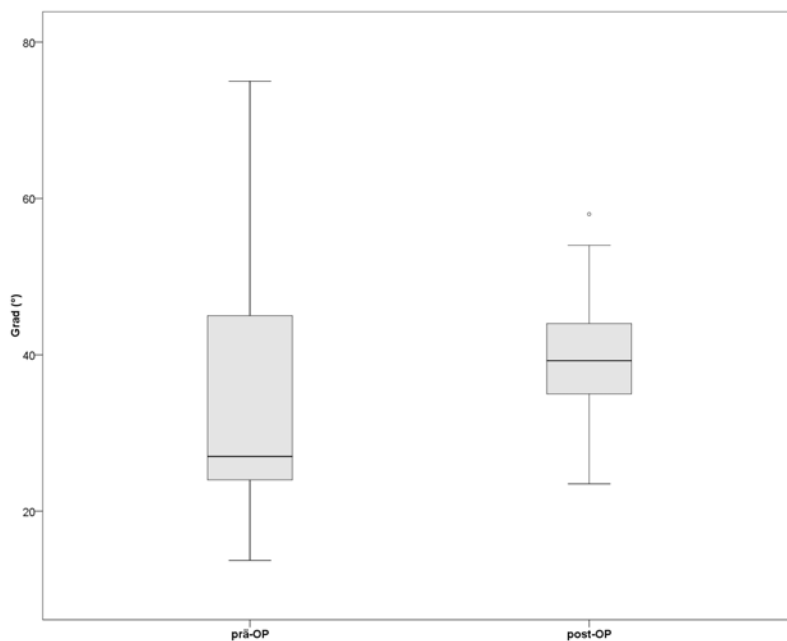


Abbildung 18: Vergleich des VCA-Winkels prä- und postoperativ

### 3.1.5 Migrationsindex nach Reimers (migration percentage)

Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der Reimers-Migrationsindex ermittelt werden.

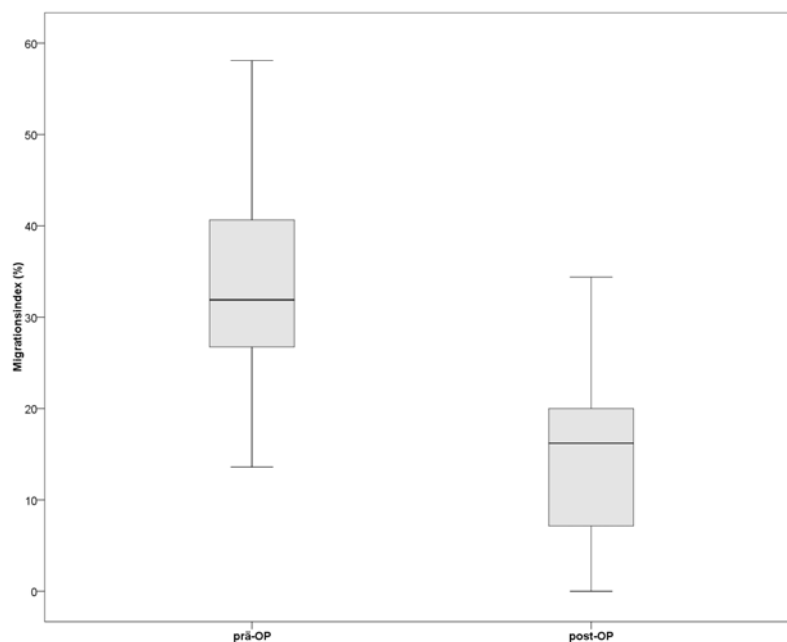
Präoperativ lagen die gemessenen Werte zwischen 13,6% und 58,1%

(Standardabweichung: 10%), der Mittelwert bei 33,2% und der Median bei 31,9%.

Postoperativ fanden sich Werte zwischen 0% und 34,4% (Standardabweichung: 9,3%).

Durchschnittlich betrug der Migrationsindex 14,2% und der Median 16,2%.

Dies bedeutet eine Korrektur des Index von durchschnittlich 19% (33,2%→14,2%) und eine Verbesserung vom leicht pathologischen in den normalen Bereich. Die statistische Auswertung ergab dabei eine hoch signifikante Verbesserung (;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 19: Vergleich des Migrationsindex prä- und postoperativ**

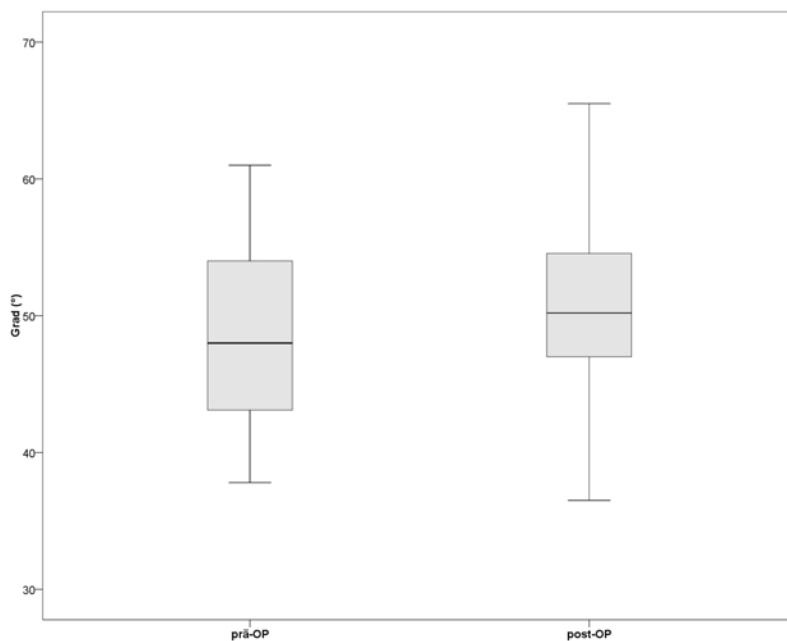
### 3.1.6 Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel)

Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der ACM-Winkel ermittelt werden.

Präoperativ betrug der Mittelwert des Winkels  $48,5^\circ$ , wobei der minimale gemessene Winkel bei  $37,8^\circ$  und der maximale Winkel bei  $61^\circ$  lag (Standardabweichung:  $6,4^\circ$ ). Dabei ergab sich ein Median von  $48^\circ$ .

Postoperativ betrug der Mittelwert  $51^\circ$ , dabei wurden Werte zwischen  $36,5^\circ$  und  $65,5^\circ$  gemessen (Standardabweichung:  $6,4^\circ$ ). Der Median lag bei  $50,2^\circ$ .

Somit konnte durch die Operation eine sehr signifikante Veränderung ( $t=-3,1$ ;  $p<0,003$ ) des Winkels von durchschnittlich  $2,5^\circ$  ( $48,5^\circ \rightarrow 51^\circ$ ) erreicht werden. Laut der angegebenen Normwerte in der Literatur entspricht dieses Ergebnis durchschnittlich einer Verschlechterung vom oberen Normwert in den leicht pathologischen Bereich. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die Literatur Bezug auf Werte im Kindesalter nimmt.



**Abbildung 20: Vergleich des ACM-Winkels prä- und postoperativ**

### 3.1.7 Pfannen-Kopf-Index nach Heyman und Herndon (acetabulum-head index)

Bei allen 49 (n=49) operierten Hüften konnte der Pfannen-Kopf-Index bestimmt werden.

Präoperativ lag der Mittelwert bei 66,8%, dabei wurden Werte zwischen 41,9% und 86,4% gemessen (Standardabweichung: 10%). Der Median betrug 68,1%.

Postoperativ wurde ein durchschnittlicher Wert von 85,6% ermittelt, das Minimum lag bei 65,6%, das Maximum bei 100% (Standardabweichung: 9,3%). Die ausgewerteten Aufnahmen ergaben einen Median von 83,8%.

Folglich wurde der Index durchschnittlich um 18,8% (66,8%→85,6%) korrigiert und somit eine Verbesserung des präoperativ leicht pathologischen Wertes in den Normbereich erzielt. Statistisch konnte dabei eine hoch signifikante Veränderung ( $t=-10,9$ ;  $p<0,001$ ) gefunden werden.

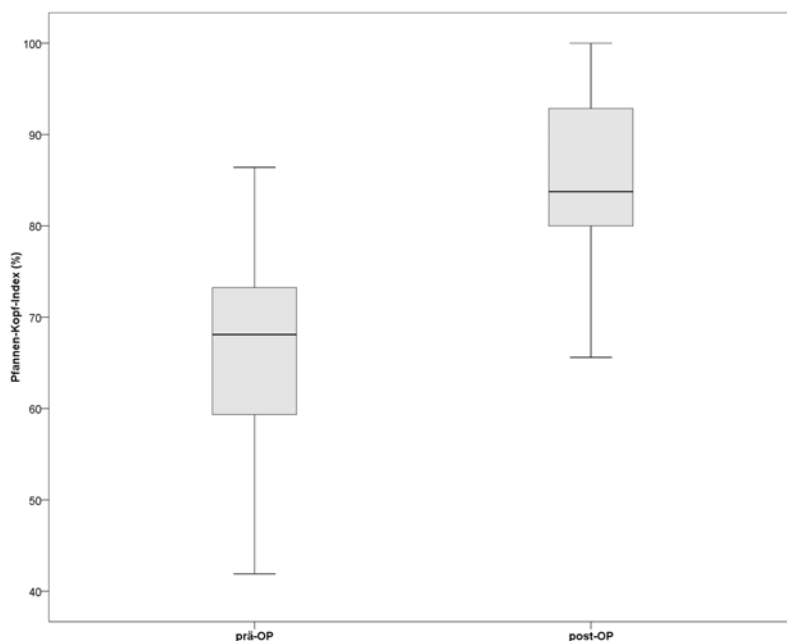


Abbildung 21: Vergleich des Pfannen-Kopf-Index prä- und postoperativ

### **3.1.8 Arthrosestadium nach Kellgren und Lawrence (Kellgren-Lawrence-Score)**

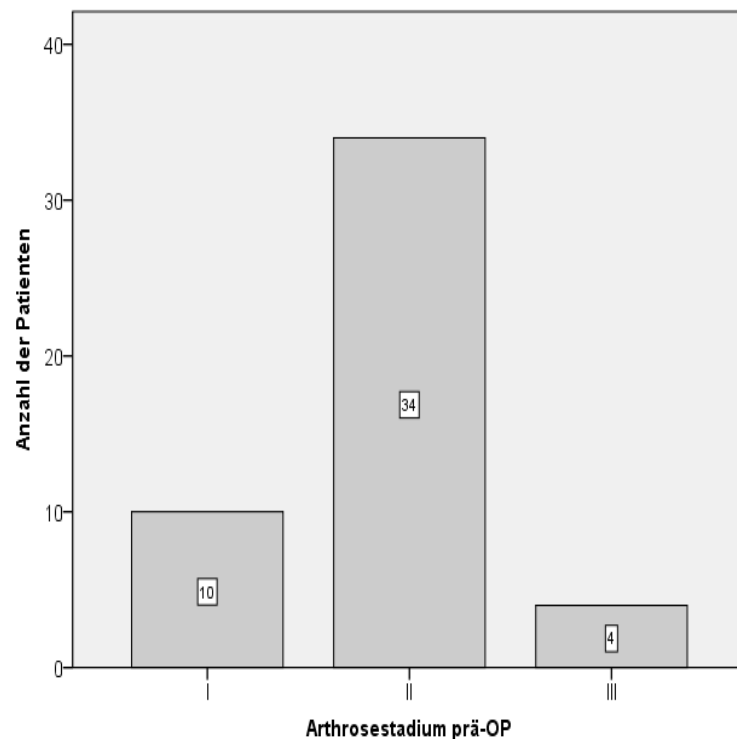
Bei 48 (n=48) operierten Hüften konnte der Kellgren-Lawrence-Score erhoben werden, wobei präoperativ folgende Verteilung zu ermitteln war:

10 Beckenaufnahmen (20,8%) konnte das Arthrosestadium I (keine bis fragliche Arthrose) zugeordnet werden, bei 34 Hüftgelenken (70,8%) lag der Score bei II (geringe Arthrose) und bei 4 Hüftgelenken (8,3%) wurde ein Score von III (mäßige Arthrose) ermittelt. Schwere Ausprägungsformen (Grad IV) waren im Kollektiv nicht vorzufinden.

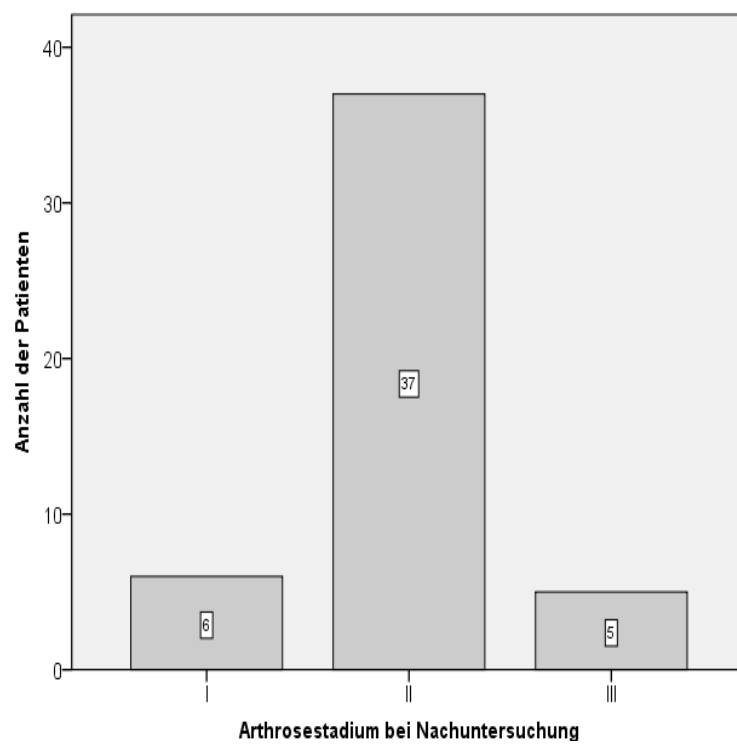
Postoperativ wurde bei 6 Beckenaufnahmen (12,5%) das Arthrosestadium I (keine bis fragliche Arthrose) festgestellt, bei 37 Hüftgelenken (77,1%) lag der Score bei II (geringe Arthrose) und bei 5 Hüftgelenken (10,4%) wurde ein Score von III (mäßige Arthrose) ermittelt. Auch postoperativ konnte keine schwere Arthrose (Grad IV) festgestellt werden. Diese Veränderung ist als statistisch signifikant zu bewerten ( $t=-2,3$ ;  $p=0,024$ ).

Zum bisherigen Zeitpunkt war der Einsatz eines Hüftgelenkersatzes bei keinem der Patienten im Kollektiv indiziert.





**Abbildung 22: Kellgren-Lawrence-Score präoperativ**



**Abbildung 23: Kellgren-Lawrence-Score bei Nachuntersuchung**

### 3.2 Ergebnisse der körperlichen Nachuntersuchung

Das mittlere Follow-Up hinsichtlich der körperlichen Nachuntersuchung lag bei 6,9 Jahren (10 - 132 Monate).

Bei 17 Beckenosteotomien erfolgten sowohl klinische Untersuchung als auch Datenerhebung mithilfe des standardisierten Fragebogens in einem Nachuntersuchungstermin. Bei weiteren 20 Eingriffen erfolgte die Erhebung der Fragebögen postalisch oder telefonisch ohne Nachuntersuchung. Die subjektive Bewertung des Operationsergebnisses durch die Erhebungsbögen erfolgte somit bei insgesamt 37 (75,5%) Eingriffen.

Bei 12 Patienten konnten lediglich die radiologischen Befunde ausgewertet werden. Von diesen waren bei 10 Patienten auch nach Konsultation des Hausarztes keine aktuellen Kontaktdaten zu ermitteln oder sie waren ins Ausland verzogen. 2 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung aufgrund psychischer Komplikationen und Unzufriedenheit über den Gesundheitsverlauf ab. Im Rahmen der klinischen Untersuchung konnten insgesamt 17 Hüftgelenke (n= 17) beurteilt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Bewegung	Normwerte	Mittelwert	Minimum	Maximum	Median	Standardabweichung
Extension	10-15°	12,4°	5°	20°	10°	3,9°
Flexion	130°	121,8°	105°	130°	120°	8,0°
Abduktion	30-45°	38,8°	30°	45°	40°	5,3°
Adduktion	20-30°	25,6°	20°	30°	30°	4,8°
Außenrotation	40-50°	36,5°	20°	45°	40°	6,6°
Innenrotation	30-45°	27,1°	15°	45°	30°	9,2°

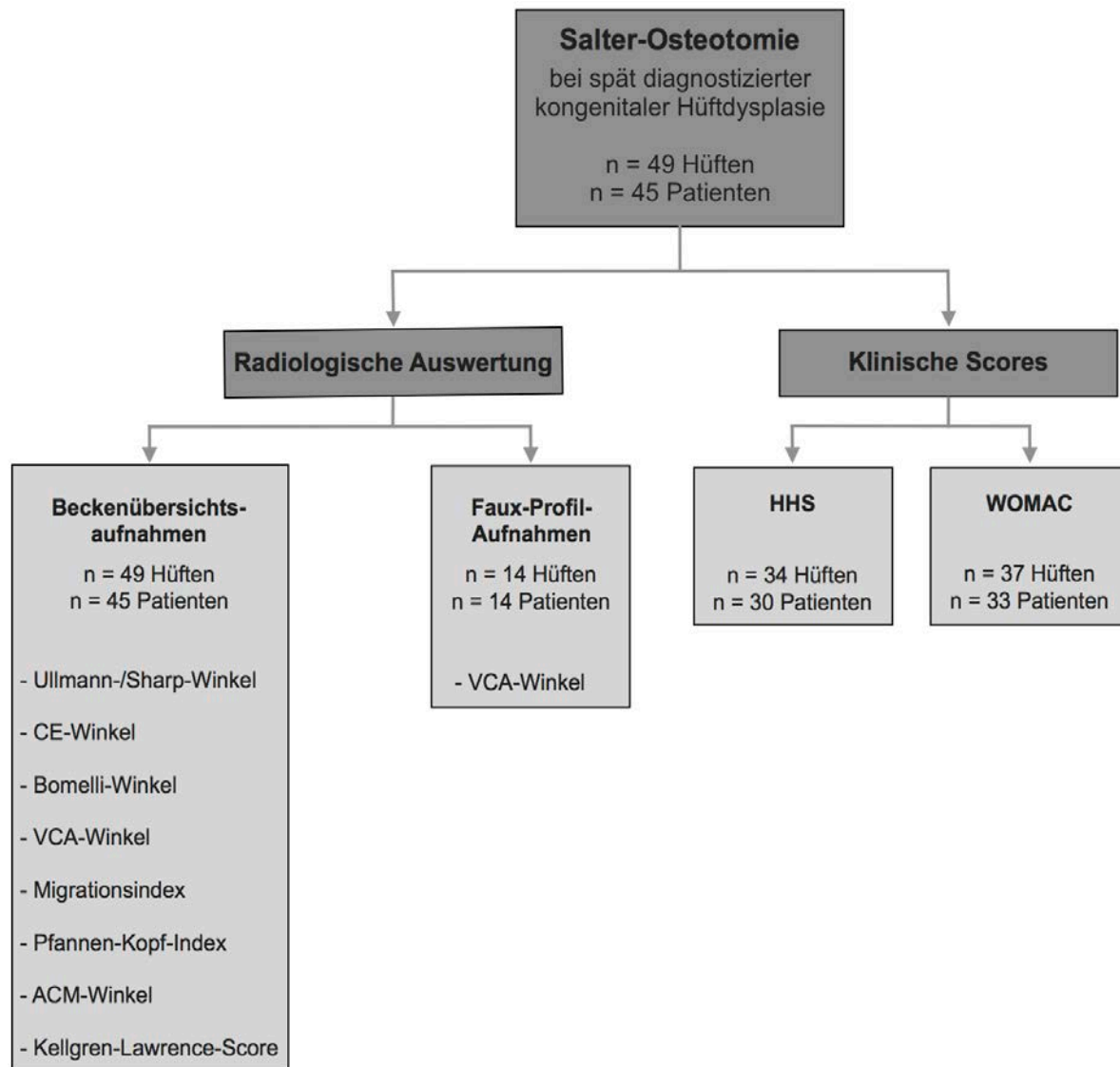
**Tabelle 6: Ergebnisse der körperlichen Untersuchung**

Bei der Extension des Hüftgelenks lagen 16 (94,1%) der untersuchten Gelenke im Normbereich. Hinsichtlich der Flexion wiesen 7 (41,2%) Hüftgelenke einen normwertige Bewegungsumfang auf.

Sowohl bei der Abduktion als auch bei der Adduktion waren bei keiner untersuchten Hüfte Defizite festzustellen.

Die Außenrotation zeigte sich bei 11 Hüftgelenken (64,7%) uneingeschränkt, die Innenrotation bei 9 Gelenken (52,9%). Des Weiteren war bei einem Patienten (5,9%) ein belastungsbedingtes Duchenne-Hinken zu erkennen und bei 2 Patienten (11,8%) konnten

Trendelenburg-Zeichen festgestellt werden, wobei bei einem dieser Patienten eine Beinlängendifferenz von -1,5cm auf der operierten Seite gemessen wurde.



**Abbildung 24:**Follow-up Raten im Rahmen der Studie

### 3.3 Ergebnisse der Patientenfragebögen

Im Rahmen der Datenerhebung konnten bezüglich des WOMAC 37 Fragebögen (n=37) zur Auswertung herangezogen werden. Der Harris-Hip-Score wurde anhand von 34 Fragebögen (n=34) ausgewertet, da die übrigen 3 Erhebungsbögen unvollständig ausgefüllt wurden.

### 3.3.1 Harris Hip Score

Die Ergebnisse des Harris-Hip-Score sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Der durchschnittliche Score lag mit 84,5% im guten Bereich. Ausgehend von der unten dargestellten Einteilung des Harris-Hip-Score erreichten 41% (15/37) der Patienten sehr gute und 24% (9/37) gute Ergebnisse.

	Harris-Hip-Score in Punkten	Harris-Hip-Score prozentual
<b>Mittelwert</b>	76,9	84,6%
<b>Minimum</b>	45	49,5%
<b>Maximum</b>	91	100%
<b>Median</b>	80	87,9%
<b>Standardabweichung</b>	11,1	12,2%

Tabelle 7: Ergebnisse des Harris-Hip-Score, gesamt

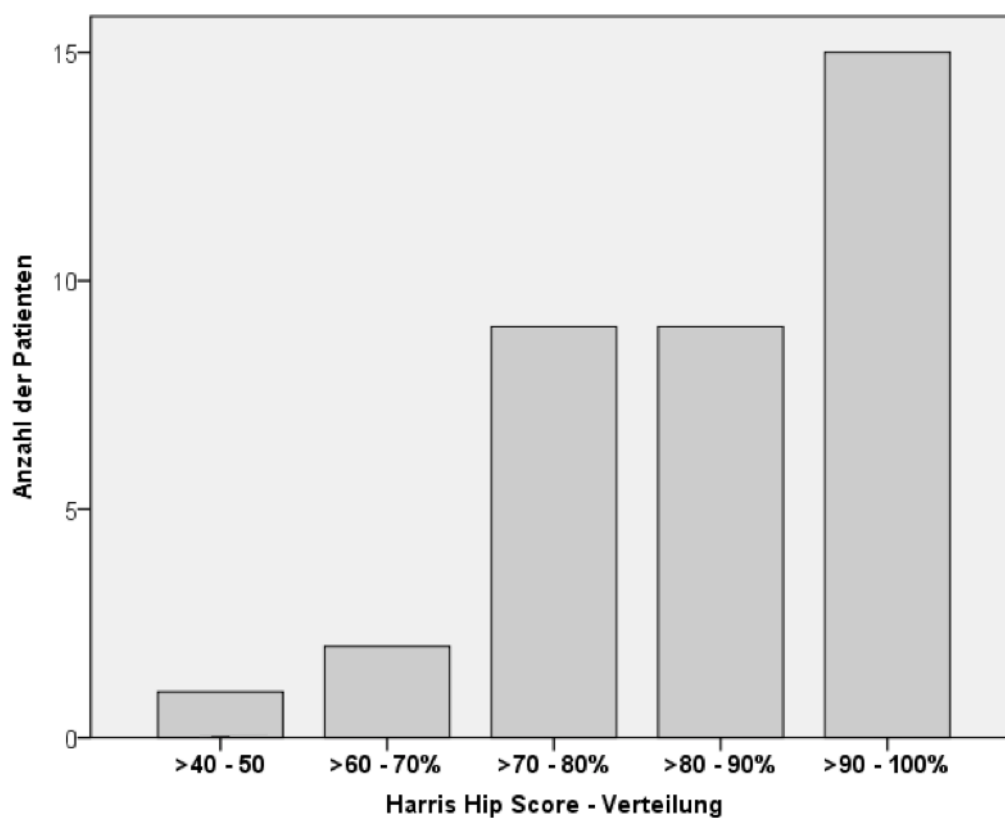


Abbildung 25: Ergebnisse des Harris-Hip-Score, eingeteilt in Bereiche

### 3.3.2 WOMAC

Die Ergebnisse des Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index wurden entsprechend der untersuchten Dimensionen Schmerz, Steifheit und Funktion ausgewertet (Abb. 26). Zusätzlich wurden die Gesamtergebnisse des Index dargestellt. Um eine präzisere Einordnung zu ermöglichen, wurden die Werte in Bereiche eingeteilt.

Anhand der Ergebnisse ist ersichtlich, dass der Großteil der Patienten im sehr guten Bereich (0-1) liegt. Der Mittelwert des WOMAC wurde bei 1,4 ermittelt, womit von einem zufriedenstellenden subjektiven Empfinden der Patienten ausgegangen werden kann.

	Schmerz	Steifheit	Funktion	gesamt
<b>Mittelwert</b>	1,3	2,2	1,3	1,4
<b>Standardabweichung</b>	1,9	2,2	2,0	2,0

**Tabelle 8: Ergebnisse des WOMAC, gesamt**

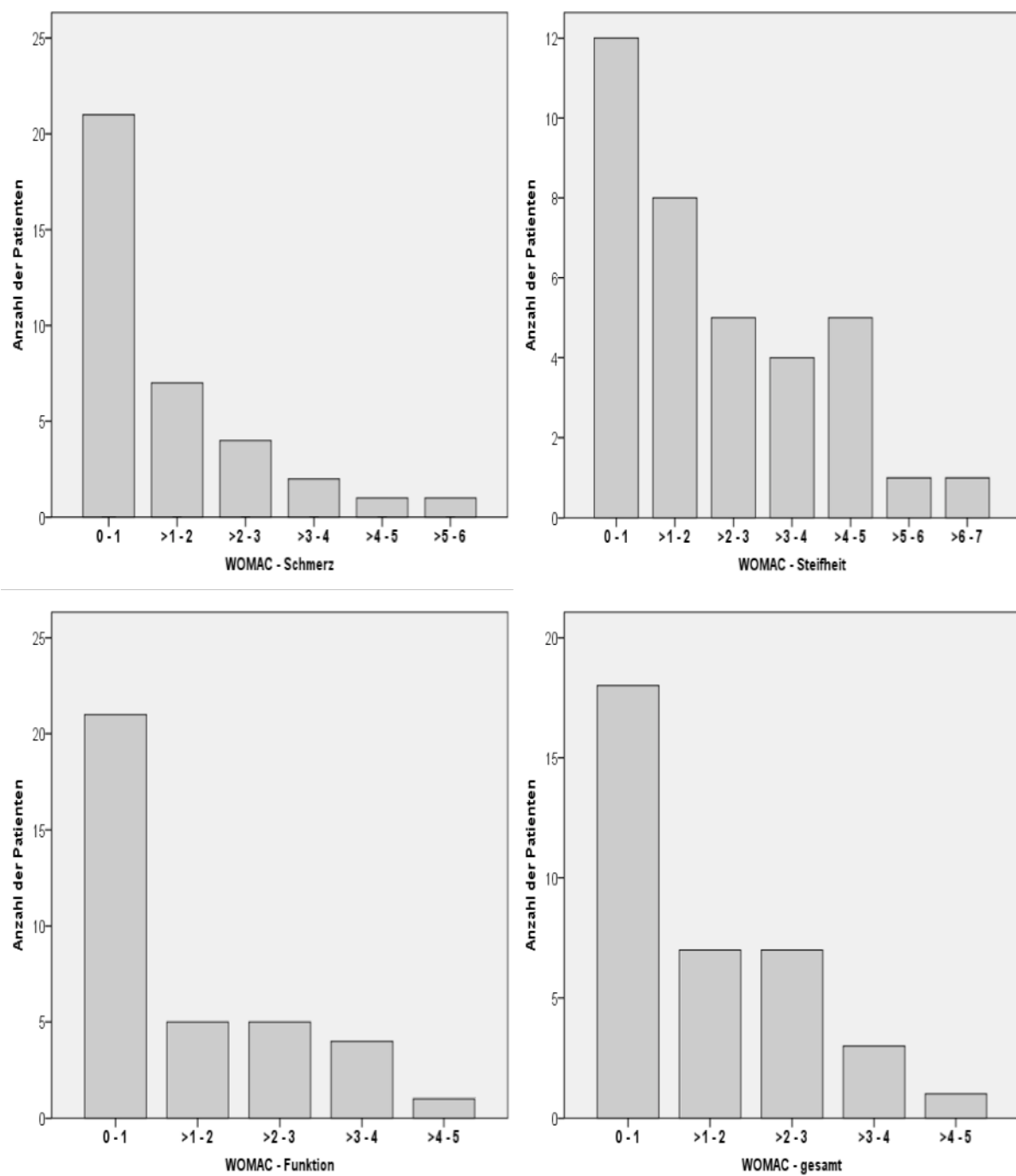


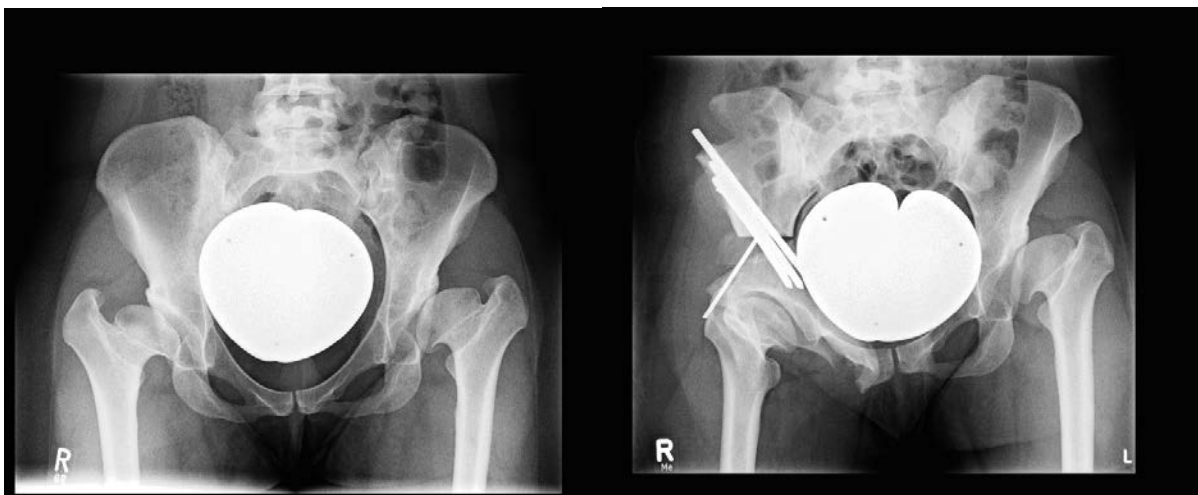
Abbildung 26: Ergebnisse des WOMAC, eingeteilt in Bereiche

### 3.4 Analyse der Komplikationen

#### 3.4.1 Komplikationen nach Primäreingriff

Patientin M.O., 23, weiblich

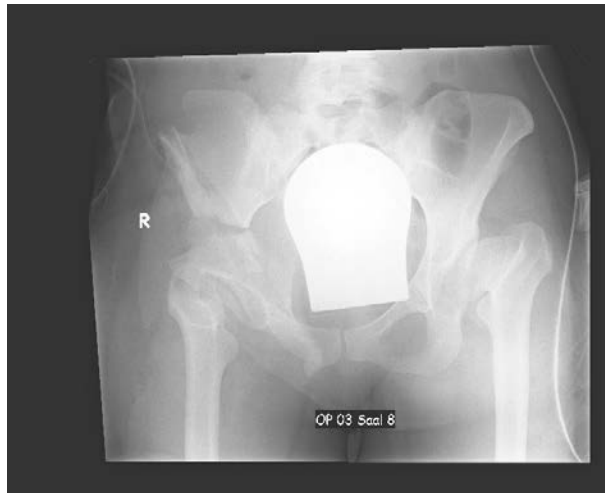
Bei der Patientin war eine Salter-Beckenosteotomie rechts aufgrund einer Hüftluxation bei Hirtenstab-Coxa vara nach kongenitaler Hüftdysplasie indiziert. Der Eingriff wurde am 29.09.2005 am Klinikum Großhadern durchgeführt. Aufgrund der grazilen Ausbildung des Beckens stellten sich die Osteotomieflächen intraoperativ sehr klein dar, sodass die Fixation der drei Gewindestäbe problematisch war. Nach Einbringung eines weiteren Gewindestabs und eines Kirschner-Drahts machte die Osteosynthese dennoch einen sehr stabilen Eindruck. Die Röntgenkontrolle vor Entlassung zeigte einen gut überdachten Hüftkopf mit regelrechter Lage des eingebrachten Osteosynthesematerials.



**Abbildung 27: Pat. M.O., 28.09.2005 präoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel re: 49°; CE-Winkel re: 3°) und 11.10.2005 postoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel re: 18°; CE-Winkel re: 55°)**

Im Rahmen der Metallentfernung am 13.01.2006 zeigte sich eine geringgradige Wundheilungsstörung im rechten mittleren Drittel der Narbe mit Verbindung in die Tiefe. Eine Exzision der infizierten Fistel am Beckenkamm wurde durchgeführt und ein intraoperativer Abstrich genommen, wobei sich kein Keimbefall zeigte.

Aufgrund der Infekt-Persistenz wurde die Wunde im Februar 2005 revidiert und mittels Vakuumtherapie behandelt. Unter dieser Therapie zeigte sich eine zufriedenstellende sekundäre Wundheilung bei rückläufigen Entzündungswerten.



**Abbildung 28: Pat. M.O., 13.01.2006  
(3 Monate postoperativ)**

Weitere 4 Monate später wurde bei Persistenz der Fistelung die Diagnose einer Osteomyelitis des rechten Os Ilium gestellt. Im Rahmen einer erneuten Revision mit Teilresektion des infizierten und nekrotischen Os Ilium zeigte sich mikrobiologisch ein Infekt mit koagulasenegativen Staphylokokken. Der postoperative Verlauf gestaltete sich unkompliziert.



**Abbildung 29: Pat. M.O., 09.02.2006  
(4 Monate postoperativ)**

Am 02.08.2006 stellte sich die Patientin zuletzt in der Sprechstunde des Klinikums Großhadern vor. Unter der Antibiotikatherapie war der tiefe Wundinfekt vollständig abgeklungen. Klinisch zeigten sich reizlose Narbenverhältnisse und eine normale Beweglichkeit der rechten Hüfte. Dennoch äußerte sich die Patientin 2015 unzufrieden mit ihren Erfahrungen am Klinikum Großhadern und wollte keine weiteren Auskünfte bezüglich ihres Zustands geben.

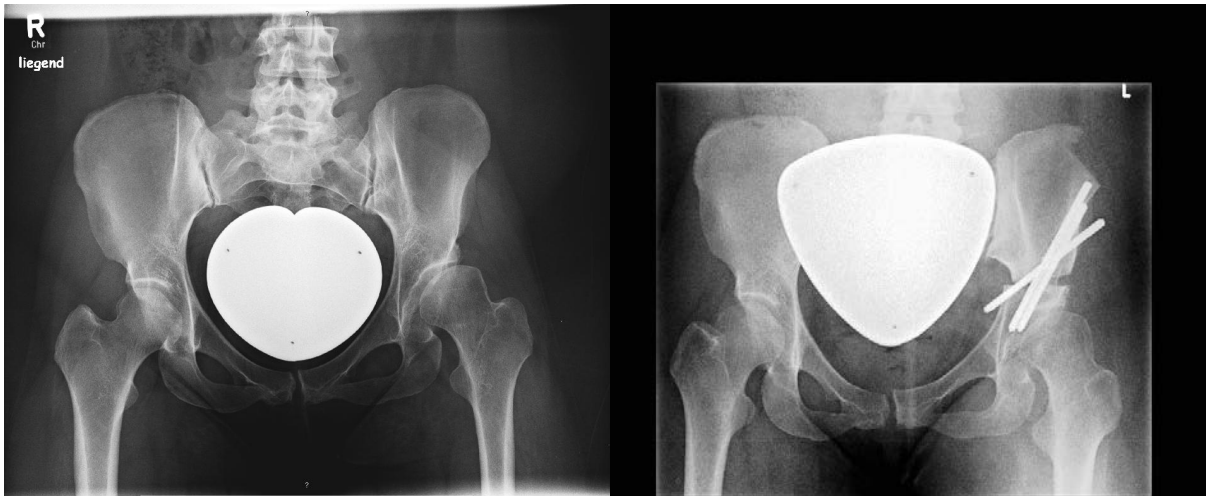




Patientin G.S., 36, weiblich

Die Patientin stellte sich am 01.10.2008 mit zunehmenden Belastungsschmerzen bei linksseitigen kongenitaler Hüftdysplasie vor.

Nach komplikationsloser Salter-Beckenosteotomie einen Monat später zeigte die postoperative Röntgenkontrolle eine gute Überdachung des Hüftkopfes bei regelrecht eingebrachten Implantaten.



**Abbildung 31: Pat. G.S., 01.10.2008 präoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 50°; CE-Winkel li: 4°) und 09.12.2008 postoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 38°; CE-Winkel li: 20°)**

Nach zunächst unauffälligem Verlauf zeigte sich erstmalig am 10.3.2009 eine Lockerung und Dislokation eines Gewindestabes.



**Abbildung 32: Pat. G.S., 10.03.2009  
(4 Monate postoperativ)**

Bei laborchemisch erhöhten Entzündungszeichen und Nachweis von Infekt-verdächtigem Flüssigkeitsverhalt um den Gewindestab wurde die Indikation zur Revision am 12.03.2009 gestellt. Im Rahmen der Sanierung des infizierten und nekrotischen Gewebes sowie der Metallentfernung zeigte sich mikrobiologisch ein Infekt mit koagulasnegativen Staphylokokken. Der postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos.



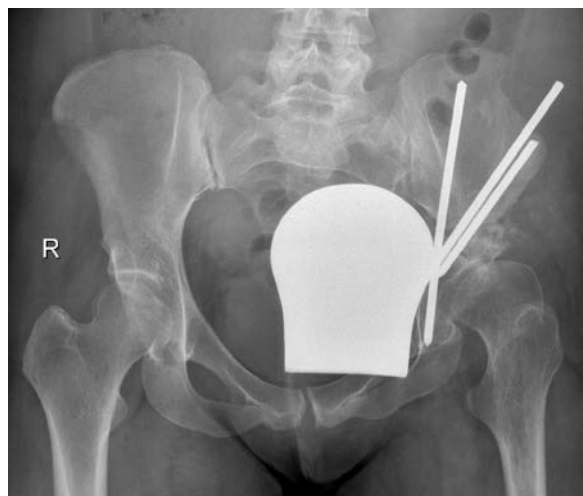
**Abbildung 33: Pat. G.S., 22.04.2009**  
(nach 1. Revision)

Nach Ausheilung des Infekts wurde die Indikation zur Resektion der Pseudarthrose und erneuten Beckenosteotomie mit Beckenkammspan-Entnahme von der Gegenseite gestellt, da beide Osteotomiefragmente gegeneinander verschoben waren und der eingebrachte Span vollkommen nekrotisch war. Der Eingriff wurde am 19.05.2009 durchgeführt. Die postoperative Röntgenkontrolle zeigte eine gute Überdachung des Hüftkopfes bei normalisiertem Inklinationswinkel und regelrecht eingebrachten Implantaten.



**Abbildung 34: Pat. G.S., 19.05.2009**  
(nach 2. Revision)

Aufgrund zunehmender stärkster Schmerzen wurde die Rehabilitationstherapie der Patientin im Juli 2009 abgebrochen. Da sich radiologisch eine Fragmentverschiebung mit Schraubendislokation zeigte, wurde eine weitere Revision am 10.07.2009 durchgeführt.



**Abbildung 35: Pat. G.S., 09.07.2009**  
(vor 3. Revision)

Bei Entfernung der Gewindestäbe wurde allerdings deutlich, dass eine erneute Osteosynthese aufgrund der extremen Atrophie des Knochens nicht möglich war. Die straffe Pseudarthrose zwischen den Fragmenten ermöglichte es jedoch, die derzeitige anatomische Beckenkonstruktion, ähnlich einer Beckenosteotomie nach Chiari, beizubehalten. Postoperativ zeigten sich keine Komplikationen. Die Patientin wurde bei Weiterführung der Krankengymnastik in die Rehabilitationstherapie entlassen.



**Abbildung 36: Pat. G.S., 14.07.2009  
(nach 3. Revision)**

Im Juli 2011 stellte sich die Patientin zuletzt zur Verlaufskontrolle vor. Sie berichtete über völlige Beschwerdefreiheit bei weiterhin bestehendem deutlichen Duchenne-Hinken links. Inzwischen war die Patientin in ihre Heimat Türkei zurückgekehrt. Radiologisch zeigte sich eine gute Überdachung des Hüftkopfes im Sinne einer Chiari-Osteotomie ohne Zeichen einer persistierenden Pseudarthrose.



**Abbildung 37: Pat. G.S., 11.07.2011 (im Verlauf)**

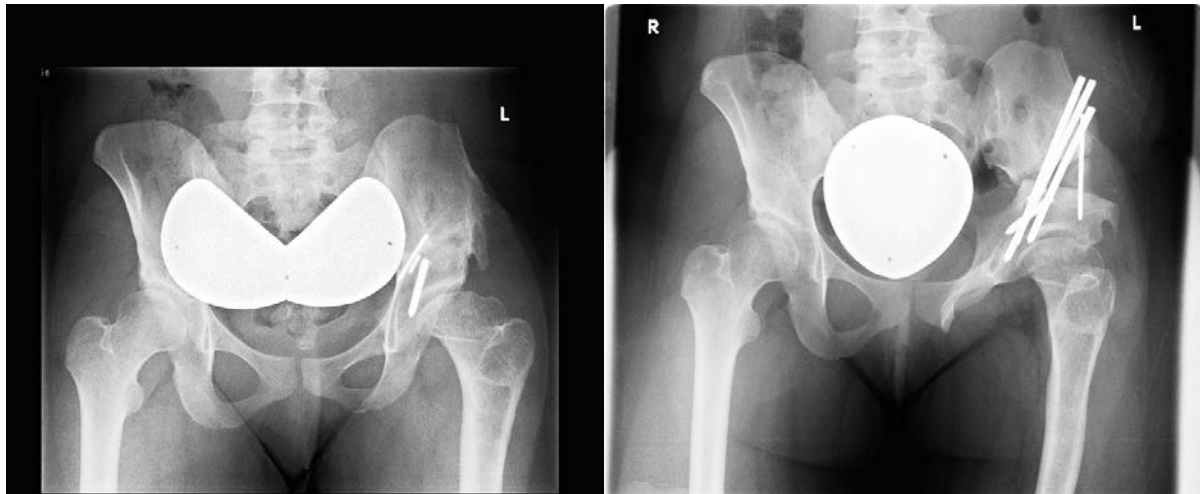
### 3.4.2 Komplikationen nach Revisionseingriff

Patientin D.R., 18, weiblich

Aufgrund einer kongenitalen Hüftdysplasie beidseitig und einem Morbus Perthes linksseitig wurde bei der Patientin 2003 erstmalig eine Salter-Beckenosteotomie und Derotationsosteotomie am linken Femur im Klinikum Schwabing durchgeführt.

Die Patientin war zunächst beschwerdefrei, bis sie sich 2008 im Klinikum Großhadern vorstellte und über zunehmende Belastungsschmerzen in der linken Hüfte klagte.

Zur Verbesserung der Kongruenz wurde am 09.09.2008 im Klinikum Großhadern eine erneute Salter-Osteotomie links durchgeführt.



**Abbildung 38: Pat. D.R., 28.01.2008 präoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 44°; CE-Winkel li: 8°) und 15.10.2008 postoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 20°; CE-Winkel li: 49°)**

Bei komplikationslosem intra- und postoperativem Verlauf sowie guter Mobilisierung an Unterarmgehstützen wurde die Patientin am 17.09.2008 nach Hause entlassen. Zu diesem Zeitpunkt bestand noch eine seröse Sekretion aus dem Wundbereich, sodass eine elastokompressive Wicklung angelegt wurde.

Einen Monat später wurde die Patientin aufgrund eines postoperativen Infekts erneut stationär aufgenommen.

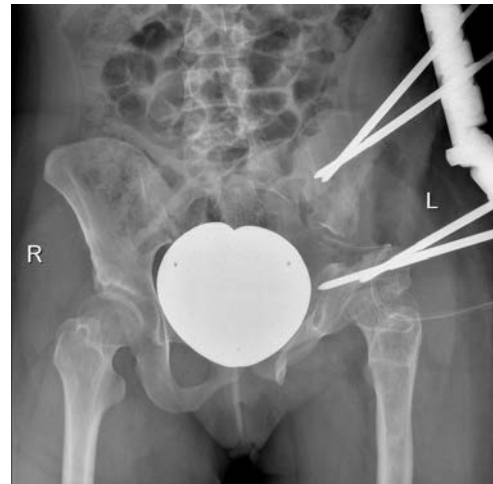
Im Rahmen einer operativen Sanierung wurde ein Abstrich entnommen und die Diagnose eines tiefen Wundinfekts mit *Staphylococcus epidermidis* gestellt.

Aufgrund der persistierenden Erhöhung der laborchemischen Entzündungsparameter wurde die Revision am 26.10.2008 wiederholt. Infolge der Infektion heilte der Span nicht stabil am Os Ilium an und musste zusammen mit einem Gewindestab entfernt werden.

Am 14.11.2008 musste die Revision wiederholt werden. Intraoperativ zeigte sich, dass die verbliebenen Gewindestäbe ausgebrochen und von entzündlichem Gewebe umgeben waren.

Auch der Knocheninfekt war weiterhin persistent. Das interne Osteosynthesematerial wurde entfernt, die Osteotomieflächen nachreseziert und ein Debridement sowie eine Spülung mit Lavasept durchgeführt.

Im weiteren Verlauf wurde zur Stabilisierung ein Fixateur externe angebracht.



**Abbildung 39: Pat. D.R., 16.11.2008  
(nach 4. Revision)**

Im November wurde die chirurgische Sanierung zweifach wiederholt, worauf erstmalig keine Anzeichen eines Infekts gefunden wurden.

Im Dezember 2009 wurde der Fixateur externe entfernt, der knöcherne Defekt mit einem Beckenkammspan von der Gegenseite überbrückt und eine Osteosynthese mit winkelstabiler T-Platte durchgeführt. Der weitere Verlauf war komplikationslos.



**Abbildung 40: Pat. D.R., 22.04.2009  
(nach 6. Revision)**

2011 stellte sich die Patientin mit zunehmenden Belastungsschmerzen in der rechten Hüfte vor. Bei beginnender

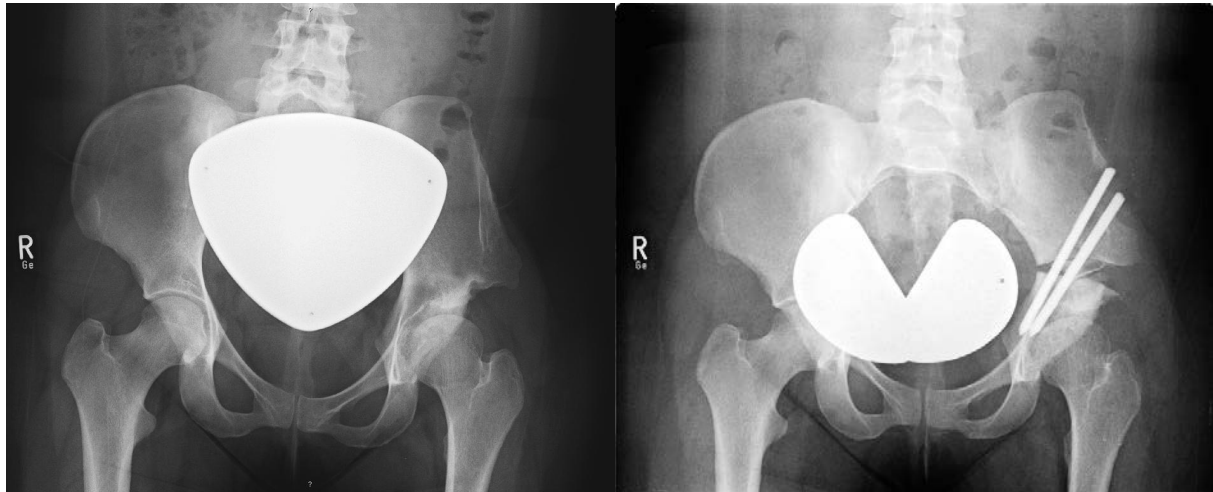
Coxarthrose wurde der Patientin eine Salter-Beckenosteotomie rechts nach Abschluss ihrer Lehre angeraten.

Der linke Hüftkopf zeigte radiologisch eine gute Überdachung. Bei weitgehender Beschwerdefreiheit und geringfügiger Einschränkung der passiven Beweglichkeit verblieb ein Hinken, weshalb die Krankengymnastik weitergeführt werden sollte.

Seitdem ist der weitere Verlauf unklar, da die Patientin keinen weiteren Kontakt zum Klinikum Großhadern suchte. 2015 äußerte sich die Patientin telefonisch sehr unzufrieden mit ihren Erfahrungen am Klinikum Großhadern und wollte keine weiteren Auskünfte bezüglich ihres Zustands geben.

Patientin V.T., 27, weiblich

Die Patientin stellte sich am 20.09.2007 mit sekundärer Coxarthrose bei Hüftdysplasie links nach vergangener Beckenosteotomie vor. Die durchgeführte Beckenosteotomie nach Salter am 11.10.2007 verlief ohne Komplikationen. Die postoperative Röntgenkontrolle zeigte eine gute Überdachung des Hüftkopfes bei regelrecht eingebrachten Implantaten.



**Abbildung 41: Pat. V.T., 05.07.2007 präoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 56°; CE-Winkel li: 17°) und 20.12.2007 postoperativ (Ullmann-Sharp-Winkel li: 43°; CE-Winkel li: 34°)**

Im weiteren Verlauf berichtete die Patientin über gelegentlich auftretende Belastungsschmerzen im Becken sowie eine Quadrizepsschwäche links bei freier Beweglichkeit des Hüftgelenks.

Nach deutlicher Durchbauung des Osteotomiespalts wurde am 12.03.2008 die elektive Metallentfernung durchgeführt. Der intra- und postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos.

Aufgrund der Schmerzpersistenz, nun auch im Bereich des Iliosakralgelenks und der Lendenwirbelsäule, begann die Patientin ab Mai 2008 eine Rehabilitationstherapie. Dadurch wurde laut Patientin die Beweglichkeit verbessert,

Belastungsschmerzen und Schwäche der Glutealmuskulatur blieben jedoch bestehen.



**Abbildung 42: Pat. V.T., 14.03.2008 (nach Metallentfernung)**



Nach Weiterführung der Krankengymnastik stellte sich die Patientin am 09.12.08 zur Kontrolle vor. Klinisch zeigten sich völlig reizlose Wundverhältnisse bei vollständiger Schmerzfreiheit. Auch radiologisch waren keine Auffälligkeiten zu erkennen. Im Januar 2009 klagte die Patientin über einen rezidivierend auftretenden Unterbauchschmerz. Die im weiteren Verlauf durchgeführte

Computertomographie zeigte eine Os Ilium-Pseudarthrose links. Da keine Beschwerdefreiheit durch eine konservative Therapie zu erwarten war, wurde der

Patientin eine Reoperation mit Pseudarthrosenresektion empfohlen. Aufgrund der längeren Nachbehandlungsphase wollte die Patientin in ihrer Lebensplanung zunächst jedoch den Kinderwunsch erfüllt haben.

Bisher wurde die empfohlene Therapie nicht durchgeführt.



**Abbildung 43: Pat. V.T., 15.03.2011  
(weitere Therapie ausstehend)**

Im Rahmen der Nachuntersuchung 2015 berichtete die Patientin bei bisher nicht durchgeführter Revision über Schmerzpersistenz im Bereich des linken Beckens bei beidseitig freier Beweglichkeit. Die erhobenen Scores zeigten eine leichte Einschränkung der Funktionalität im Alltag, jedoch eine deutliche Einschränkung bei anspruchsvollen Aktivitäten wie anstrengender Hausarbeit.

### 3.4.3 Einteilung nach Gosling & Gouma

Die Komplikationen, eingeteilt nach Gosling & Gouma, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Da die Schweregrade 4 und 5 im Rahmen dieser Studie nicht festgestellt wurden, sind diese in der folgenden Tabelle nicht aufgeführt.

Anzahl und Verteilung der Komplikationen nach Primäreingriff			
	Grad 1	Grad 2	Grad 3
Tiefer Wundinfekt		4/43 9,3%	
Blutung	1/43 2,3%		
Pseudarthrose		2/43 4,6%	
Nervenschädigung*	2/43 4,6%		1/43 2,3%
Wundheilungsstörung	2/43 4,6%	1/43 2,3%	
Abbruch eines Gewindestabs/ intraossärer Verbleib	2/43 4,6%		

**Tabelle 9: Chirurgische Komplikationen nach Primäreingriff (Gosling & Gouma [56])**

\* (Hyposensibilität N. cutaneus femoralis lat./Parese N. femoralis)

Der Anteil der Komplikationen nach Primäreingriff betrug insgesamt 26% (11/43 Patienten). Die Gesamtzahl der Komplikationen unterscheidet sich von der Anzahl der Komplikationen bezogen auf deren Verteilung, da bei vier Patienten jeweils zwei unterschiedliche Komplikationen aufgetreten waren. Da für die Gesamtauswertung nach dieser Einteilung die Häufigkeit der Komplikationen im Kollektiv relevant ist, reduziert sich die Komplikationsrate von 15 Einzelkomplikationen auf insgesamt 11 Komplikationen (26%). 8 der 11 Komplikationen waren hierbei als schwerwiegend zu werten (Grad 2 und 3). Bei 64% (7/11) der Patienten mit Komplikationen war ein Revisionseingriff erforderlich. Dies entspricht

einem Anteil von 16% (7/43), gemessen am Gesamtkollektiv der Patienten nach Primäreingriff.

Bei 86% (6/7) der Patienten mit Komplikationen nach Primäreingriff wurde eine vollständige Genesung nach Revision erreicht (Grad 2). Bei 14% (1/7) ist eine dauerhafte Beeinträchtigung trotz Revisionseingriff wahrscheinlich (Grad 3). Dies entspricht einem Anteil von 2% (1/43) gemessen am Gesamtkollektiv.

<b>Anzahl und Verteilung der Komplikationen nach Revisionseingriff</b>			
	Grad 1	Grad 2	Grad 3
Tiefer Wundinfekt		1/6 16,7%	1/6 16,7%
Pseudarthrose			1/6 16,7%

**Tabelle 10: Chirurgische Komplikationen nach Revisionseingriff (Gosling & Gouma [56]):**

Der Anteil der Komplikationen nach Revisionseingriff betrug insgesamt 50% (3/6). Hierbei konnte bei einem Patient (17%) eine vollständige Genesung nach einer weiteren Revision erzielt werden (Grad 2). Bei 2 Patienten (33%) ist jedoch von einer dauerhaften Beeinträchtigung auszugehen (Grad 3).

<b>Zusammenfassung: Chirurgische Komplikationen nach Gosling &amp; Gouma</b>				
	Grad 1	Grad 2	Grad 3	
	temporäre Beeinträchtigung, keine Reoperation	Genesung nach Reoperation	[wahrscheinlich] dauerhafte Beeinträchtigung	insgesamt
Primäreingriff	3/43 7%	7/43 16%	1/43 2%	11/43 26%
Revisionseingriff		1/6 17%	2/6 33%	3/6 50%

**Tabelle 11: Zusammenfassung: Chirurgische Komplikationen nach Primär- und Revisionseingriff (Gosling & Gouma [56])**

## 4 Diskussion

### Einleitung

Hüftdysplasien stellen die häufigste Ursache für sekundäre Coxarthrosen dar.

Biomechanisch führt eine Fehlstellung des Acetabulums wie die defizitäre anteriore und laterale Überdachung des Femurkopfes zu einer verkleinerten Kontaktfläche des Hüftgelenkknorpels und als Konsequenz zu einer Vergrößerung der wirkenden Kraft pro Quadratzentimeter auf den Gelenkknorpel. Sowohl der erhöhte Druck als auch die Scherkräfte können im Verlauf zu pathologischen Veränderungen des Pfannenrands und einer Coxarthrose führen [1-7].

Die Zielsetzung der Behandlung kongenitaler Hüftdysplasien besteht darin, stabile und schmerzlose Verhältnisse in der Hüfte ohne Funktionseinschränkungen und Ganganomalien zu gewährleisten. Zusätzlich muss die frühzeitige Entwicklung einer Gelenkarthrose vermieden werden.

Bei der operativen Behandlung der kongenitalen Hüftdysplasie hat sich die Beckenosteotomie nach Salter im Kindesalter bewährt, jedoch wird die Anwendung bei Erwachsenen im Hinblick auf die altersbedingte Operationslimitierung kontrovers diskutiert [4, 9-13].

Im Rahmen dieser Studie wurden sowohl objektive als auch subjektive Parameter zur Beurteilung der Salter-Osteotomie im Erwachsenenalter untersucht. Dabei wurden prä- und postoperative Beckenübersichtsaufnahmen ausgewertet und zwei Scores anhand eines Fragebogens im Rahmen einer körperlichen Nachuntersuchung erhoben.

Das Hauptergebnis dieser Studie zeigt, dass die Methode im untersuchten Studienkollektiv eine gute Korrektur erlaubt bei jedoch relativ hoher Komplikationsrate, welche im weiteren Verlauf hinsichtlich der bekannten Literatur diskutiert wird.

#### 4.1 Methodendiskussion

Hinsichtlich der Studiendesigns umfasst die vorliegende Arbeit mit insgesamt 45 Patienten ein mittelgroßes Patientenkollektiv, verglichen mit ähnlichen Studien [61-65].

Da die Salter-Osteotomie meist im Kindesalter durchgeführt wird, entspricht die Untersuchung der Methode beim ausgewachsenen Becken nicht dem gewöhnlichen Patientenkollektiv. Daher kann die Anzahl der Patienten hinsichtlich ihres höheren Alters dennoch als aussagekräftig bewertet werden. Es handelt sich um das größte bislang publizierte Studienkollektiv mit Salter-Osteotomien im Erwachsenenalter.

Männliche Patienten ab 18 Jahren und weibliche Patienten ab 16 Jahren wurden in die Studie eingeschlossen.

Das durchschnittliche Follow-up von 6,9 (0,8 – 11) Jahren entspricht einem mittleren Nachuntersuchungsintervall, daher sind die Ergebnisse speziell im Hinblick auf eine längerfristige Arthrosentwicklung kritisch zu beurteilen. Dennoch besteht auch Jahre nach dem Eingriff die Möglichkeit, dass sich die Korrekturergebnisse weiterhin verbessern [66]. Auch haben einige Autoren bereits über zufriedenstellende Langzeitergebnisse der Operationsmethode berichtet [61, 67, 68].

Als objektive Indikatoren für die Ergebnisse der Salter-Osteotomie wurden anerkannte valide und zuverlässige radiologische Messwerte ausgewählt [43, 69, 70], die eine Untersuchung des Hüftgelenks in mehreren Dimensionen ermöglichen. Zur Überprüfung der lateralen Hüftkopfüberdachung und der Neigung des Acetabulums werden in der Regel der Acetabulumwinkel (AC-Winkel) und der Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel) [7] bei Kindern nach Beckenosteotomien verwendet [71]. Da für die Vermessung des AC-Winkels die Y-Fuge erkennbar sein muss, ist die Bestimmung nach Verknöcherung der Knorpelfuge nicht mehr möglich. Aufgrund des fortgeschrittenen Alters des Patientenkollektivs wurden daher stattdessen ähnliche Winkel wie der Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp [38, 39] und der Pfannendachwinkel der Belastungszone nach Bombelli [26] bestimmt. Als weitere häufig verwendete Messwerte zur Beurteilung der lateralen Überdachung wurden der Migrationsindex nach Reimers und der Pfannen-Kopf-Index nach Heyman und Herndon [52] bestimmt.

Die vordere Überdachung des Hüftkopfes wurde mithilfe des vorderen Pfannendachwinkels nach Lequesne und de Sèze (VCA-Winkel) in der schrägen Faux-profil-Aufnahme bestimmt [47]. Um zu überprüfen, inwiefern sich die Beckenosteotomie nach Salter auf die Tiefe der Hüftgelenkspfanne auswirkt, wurde der Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel) [53] bestimmt.

Einige Autoren sehen die Beurteilung der kongenitalen Hüftdysplasie beim Erwachsenen mithilfe der üblichen radiologischen Parameter kritisch, da deren Reproduzierbarkeit eingeschränkt sei [72].

Da die Hüftgelenksarthrose eine längerfristige Folge der kongenitalen Hüftdysplasie sein kann und es Ziel der Beckenosteotomie ist, das Fortschreiten der degenerativen Veränderungen zu unterbinden oder zumindest abzuschwächen, wurde das Arthrosestadium nach Kellgren und Lawrence [55] präoperativ und im Rahmen der letzten Nachuntersuchung bestimmt. Verschiedene Studien konnten die Validität und Reliabilität des Scores belegen [73-75].

Die Verwendung des Kellgren-Lawrence-Scores wurde in der Literatur kritisiert, da die einzelnen Kategorien nicht abstandsgleich untereinander sind und folglich die Vergleichbarkeit erschwert sei [76]. Außerdem müsse die Entwicklung arthrotischer Veränderungen mithilfe längerfristiger Nachuntersuchungen im Rahmen zukünftiger Studien beurteilt werden. Das mittelfristige Follow-Up dieser Arbeit ist mit durchschnittlich 6,9 Jahren diesbezüglich zu relativieren.

Ziel der Arbeit ist es, das mögliche Korrekturausmaß der Salter-Osteotomie beim Erwachsenen zu untersuchen. Dabei wurden zunächst objektive radiologische Messwerte, prä- und postoperative Beckenübersichtsaufnahmen ausgewertet und verglichen.

In der folgenden Phase wurden die Patienten körperlich nachuntersucht und zwei orthopädische Scores erhoben. Die objektive Komponente ist eine Stärke dieser Studie, da zahlreiche Studien gezeigt haben, dass das objektive Ergebnis maßgeblich vom Empfinden der Patienten divergieren kann [63-65, 77]. Angesichts des erheblichen Nachuntersuchungszeitraums können die Einschätzungen der Patienten einen bedeutenden Indikator für die längerfristige Zufriedenheit nach der Salter-Osteotomie darstellen.

Zu den zentralen Gütekriterien eines Fragebogens zählen Objektivität, Reliabilität und Validität.

Anhand des Harris-Hip-Score und des WOMAC wurde die Durchführungsobjektivität gewährleistet, indem der Fragebogen standardisiert gestaltet und klare Anweisungen bezüglich der Durchführung gegeben wurden. In der Regel wurde die Erhebung der Scores in der orthopädischen Klinik durchgeführt. Kritisch ist hierbei allerdings anzumerken, dass einige Patienten die Erhebung außerhalb klinischer Bedingungen vorgenommen haben, sofern sie nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen konnten. Hierdurch ist eine Verzerrung der Ergebnisse möglich.

Die Auswertungsobjektivität wurde durch die Anwendung ausschließlich geschlossener Antwortformate sichergestellt. Dabei war je Frage lediglich eine Antwort zulässig (Single Choice).

Ebenso ist die Interpretationsobjektivität weitgehend gegeben, indem sowohl Mittelwerte als auch Standardabweichungen im Ergebnisteil angegeben wurden.

Da die Reliabilität und Validität der Scores mehrfach bewiesen wurde [78-81], zählen der Harris-Hip-Score und der WOMAC zu den weltweit am häufigsten angewandten Hüftscores. Da allerdings arthrotische Erkrankungen vom Patienten sehr situativ und häufig fluktuierend bewertet werden, ist die Reliabilität der Scores möglicherweise generell eingeschränkt. Auch sind die Ergebnisse der Funktionalität und des Bewegungsumfangs bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen kritisch zu beurteilen, da dieses Patientenkollektiv gewöhnlich höhere Ansprüche stellt. Sehr gute Ergebnisse in den Scores sind daher nicht unbedingt gleichwertig zur subjektiven Empfindung der Patienten [82].

## **4.2 Ergebnisdiskussion**

Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es in der Literatur keine klare Therapieempfehlung bezüglich der altersbedingten Korrekturlimitierung bei kongenitaler Hüftdysplasie. Als Hauptargument wird die zunehmende Rigidität der Beckenstrukturen, speziell der Symphyse, genannt. Hierdurch sei die Schwenkbarkeit des Beckens und somit der Korrekturumfang bei der Salter-Beckenosteotomie eingeschränkt [9, 10].

Hierbei beachtet werden, dass operativen Verfahren mit fortgeschrittenem Patientenalter und höherem Arthrosegrad generell beschränkt sind [9, 83].

### **Radiologische Ergebnisse**

Im Rahmen dieser Studie konnte dargestellt werden, dass die Beckenosteotomie nach Salter bei erwachsenen Patienten mit kongenitaler Hüftdysplasie eine gute chirurgische Korrektur liefern kann.

Außer dem Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg (CE-Winkel) lagen alle erhobenen Parameter präoperativ im leicht pathologischen Bereich. Der CE-Winkel zeigte sich präoperativ mit durchschnittlich 15,5° hingegen schwer pathologisch.

Postoperativ zeigte sich im Durchschnitt bei allen Winkeln eine Verbesserung in den Normbereich. Die radiologischen Ergebnisse demonstrieren, dass die Salter-Osteotomie sowohl bei jüngeren als auch älteren Patienten zufriedenstellende Ergebnisse liefern kann. Weitere Studien bestätigen dieses Resultat [11, 84, 85].

So untersuchten Bohm et al. (1999) 33 ausgewachsene Patienten vor und nach der Salter-Osteotomie. Das mittlere Operationsalter lag bei 24,8 Jahren, das Follow-Up bei durchschnittlich 3,5 Jahren. Im Rahmen der Nachuntersuchung zeigte sich radiologisch eine Verbesserung des CE-Winkels um von durchschnittlich  $11,2^\circ$  auf  $27,6^\circ$  (Korrektur um  $16,4^\circ$ ) [84].

In einer weiteren Studie von Bohm et al. (2003) wurden 58 junge Erwachsene nach insgesamt 69 Salter-Osteotomien untersucht. Der CE-Winkel wurde hierbei von  $11^\circ$  auf  $30^\circ$  (Korrektur um  $19^\circ$ ) vergrößert, der Pfannenneigungswinkel nach Ullmann und Sharp und der Migrationsindex wurden von  $48^\circ$  auf  $35^\circ$  (Korrektur um  $13^\circ$ ) und 36% auf 16% (Korrektur um 20 Prozentpunkte) verringert [85]. Das Follow-Up betrug durchschnittlich 7,6 Jahre. Auch berichteten die Autoren über einige Überkorrekturen im Patientenkollektiv. Dies wird gelegentlich bei der Therapie durch Beckenosteotomien wie der PAO diskutiert.

Wong-Chung et al. (1990) beurteilten 15 Salter-Osteotomien bei einem fortgeschrittenen Operationsalter von durchschnittlich 17 Jahren. Die Autoren berichten von einer Verbesserung des CE-Winkels von  $1,6^\circ$  auf  $21,9^\circ$  (Korrektur um  $20,3^\circ$ ).

Das Nachuntersuchungsintervall im Rahmen dieser Studie betrug allerdings lediglich 3 Monate [12].

Diese Ergebnisse der genannten Studien stimmen weitgehend mit der vorliegenden Arbeit überein. Die Verbesserung des CE-Winkels um durchschnittlich  $19,7^\circ$  liegt im Korrekturbereich vorausgegangener Studien von  $13,2^\circ$  bis  $20,3^\circ$  [4, 11, 12, 84, 85]. Da der Winkel ab  $30^\circ$  als normal angesehen wird, kann das erreichte Ergebnis von  $35,2^\circ$  als sehr gut bewertet werden. Der Pfannenneigungswinkel wurde um durchschnittlich  $13,8^\circ$  vergrößert. Auch dies deckt sich mit dem beschriebenen Ausmaß in der Literatur [4, 11, 85]. Der Migrationsindex nach Reimers konnte um 19 Prozentpunkte auf 14,2% korrigiert werden. McCarthy et al. (1996) stellten eine Verbesserung des Index um 15% fest [11]. Andere Autoren beschreiben Korrekturen um bis zu 50,7% [63], allerdings waren in dieser Studie weitaus pathologischere Ausgangswerte präoperativ vorzufinden. Mit 14,2% entspricht der Migrationsindex der vorliegenden Arbeit in der untersuchten Altersklasse ebenfalls dem Normwert. Laut Heyman und Herndon liegt der festgestellte Pfannen-Kopf-Index mit postoperativ 85,6% ebenfalls deutlich im Normbereich (70-90%) [52].



Die anteriore Überdachung des Hüftkopfes wurde im Rahmen dieser Studie anhand des vorderen Pfannendachwinkel nach Lequesne und Sèze (VCA-Winkel) beurteilt. Dieser Winkel wurde in der Altersgruppe der vorliegenden Arbeit bisher nicht in anderen Studien berücksichtigt. In einem jüngeren Kollektiv untersuchten Wang et al. (2013) 42 Patienten mit kongenitaler Hüftdysplasie, nachdem entweder die Salter- oder Pemberton-Osteotomie durchgeführt worden waren. Das Operationsalter lag zwischen 12 und 36 Monaten, das Follow-Up nach der Salter-Osteotomie bei 22 Jahren und bei der Pemberton-Osteotomie bei 16 Jahren. In keiner der beiden Gruppen konnten die Autoren signifikante Änderungen vorderen Überdachung prä- und postoperativ feststellen [61]. Allerdings lag der durchschnittliche VCA-Winkel bereits präoperativ im Normbereich.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass die Salter-Osteotomie im fortgeschrittenen Patientenalter gute Resultate bezüglich des VCA-Winkels liefern kann. Präoperativ war ein Mittelwert von  $32,9^\circ$  festzustellen. Laut der Literaturangaben bewegte sich bereits dieser Messwert im Bereich der normalen Überdachung ( $> 25^\circ$ ). Durch den operativen Eingriff wurde der Winkel um durchschnittlich  $5,9^\circ$  auf  $38,8^\circ$  korrigiert. Beachtet werden muss allerdings, dass die präoperativen Messwerte bereits im Normbereich angesiedelt waren und die Korrektur lediglich innerhalb dieses Bereichs nachgewiesen wurde. Ob die Operationsmethode auch bei schweren Defiziten der vorderen Hüftkopfüberdachung erfolgreich ist, muss weiterhin untersucht werden. Des Weiteren wurde die erzielte Korrektur als statistisch nicht signifikant eingeordnet.

Der Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank (ACM-Winkel) wurde zur Beurteilung der Pfannentiefe herangezogen. Der Messwert blieb mit einer durchschnittlichen Verschlechterung von  $2,5^\circ$  weitgehend konstant. Dennoch bedeutet die Feststellung in dieser Arbeit eine Verschiebung des postoperativen Ergebnisses von  $51^\circ$  in den leicht pathologischen Bereich. Kritisch kann hierbei allerdings argumentiert werden, dass der festgelegte Normbereich von  $< 50^\circ$  bereits ab einem Alter von 2 Jahren gilt. Inwiefern sich der ACM-Winkel im Laufe des Lebens physiologisch verändert, ist unklar. Bohm et al. (1999) hingegen berichten von einer Korrektur des Winkels um durchschnittlich  $5^\circ$  auf  $52^\circ$  [84]. Offensichtlich ist somit auch eine Verbesserung der Pfannentiefe durch die Salter-Osteotomie zu erzielen. Zusammenfassend scheint die Beckenosteotomie nach Salter einen geringen Einfluss auf die Gelenkpfannentiefe zu haben.

Das Korrekturausmaß des CE-Winkels ( $19,7^\circ$ ) im Kollektiv dieser Studie ist vergleichbar mit den meisten Studien zur periacetabulären Osteotomie (PAO) und Triple-Osteotomie (TO) beim Jugendlichen und Erwachsenen. Die durchschnittliche Korrektur des CE-Winkels durch die PAO betrug dabei etwa  $20^\circ$ , wobei die Spannweite von  $8^\circ$ - $15^\circ$  bis  $27^\circ$ - $37^\circ$  reichte [86-

90]. Peters et al. (2006) untersuchten 83 Hüften, 3,5 Jahre nach erfolgter PAO. Das durchschnittliche Patientenalter betrug 28 Jahre. Im Mittel fanden sie eine Verbesserung des Pfannenneigungswinkels um  $12^\circ$  auf  $37^\circ$  und des CE-Winkels um  $24,7^\circ$  auf  $29^\circ$ .

Hinsichtlich des VCA-Winkels zeigte sich eine deutliche Differenz im Vergleich zur Salter-Osteotomie. Sie beschreiben eine Verbesserung des Winkels um  $26^\circ$  auf  $31^\circ$  [91].

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde lediglich eine Korrektur von  $5,9^\circ$  auf  $38,8^\circ$  festgestellt, wobei allerdings wenige Referenzwerte bei Patienten in fortgeschrittenem Alter nach Salter-Osteotomie in der Literatur zu finden sind.

Kirschner et al. (2002) untersuchte die Ergebnisse der Triple-Osteotomie an 53 Hüften bei einem durchschnittlichen Follow-Up von 2,8 Jahren. Das mittlere Operationsalter lag bei 24 Jahren. Dabei wurde der CE-Winkel um  $21,6^\circ$  auf  $32,2^\circ$  vergrößert, der Pfannendachwinkel nach Bombelli verbesserte sich um  $17^\circ$  auf  $3,8^\circ$ . Der VCA-Winkel wurde um  $14,9^\circ$  auf  $32,2^\circ$  korrigiert [92].

Küpper (2002) fand ähnliche Ergebnisse nach Triple-Osteotomie an 56 Hüften bei einem durchschnittlichen Patientenalter von 24,6 Jahren. Das Follow-Up betrug 24,6 Jahre.

Laut dieser Studie verbesserte sich der CE-Winkel um  $24,4^\circ$  auf  $33,5^\circ$ , der Pfannendachwinkel nach Bombelli um  $19,5^\circ$  auf  $-0,2^\circ$  und der Migrationsindex um 22 Prozentpunkte auf 12,6% [65]. In der vorliegenden Arbeit wurde der Pfannendachwinkel um  $11,2^\circ$  auf  $4^\circ$  korrigiert, der Migrationsindex um 19 Prozentpunkte auf 14,2%. Küpper berichtet über eine mittlere Korrektur des VCA-Winkels um  $25^\circ$  auf  $34,8^\circ$  [65].

In beiden Studien zeigt sich eine deutliche Abweichung bezüglich der vorderen Überdachung im Vergleich zur Salter-Osteotomie in der vorliegenden Studie. Allerdings ist auch hierbei anzumerken, dass die durchschnittliche vordere Überdachung in dieser Studie bereits präoperativ weitaus geringere pathologische Ausgangswerte aufwies als in den Vergleichsstudien. Daher konnte das Ausmaß der Korrektur geringer gewählt werden, um den VCA-Winkel zu normalisieren.

Inwiefern auch größere Korrekturen des Winkels mittels Salter-Osteotomie erreicht werden können, lässt sich somit nicht ableiten.

In der Literatur wurde nach Chiari-Osteotomie hinsichtlich des CE-Winkels eine zufriedenstellende Korrektur im Bereich von  $32^\circ$  bis  $35^\circ$  berichtet [34, 93, 94] im Vergleich zu  $35^\circ$  nach Salter-Osteotomie in dieser Studie. Auch Pfannen-Neigungswinkel und Pfannen-Kopf-Index wurden nach Chiari-Osteotomie von  $51^\circ$  auf  $39^\circ$  und 38-47% auf 87% [34, 35, 93, 94] in ähnlichem Maße korrigiert. In der vorliegenden Studie wurde eine Korrektur von  $45^\circ$  auf  $32^\circ$  und 67% auf 85% erreicht.

Zusammenfassend zeigen die radiologischen Ergebnisse, dass die Beckenosteotomie nach Salter eine zufriedenstellende Korrektur bei kongenitaler Hüft dysplasie im Erwachsenenalter ermöglicht. Die vorliegende Arbeit bestätigt die Korrekturergebnisse ähnlicher Studien zur Salter-Osteotomie. Auch konkurrierende Operationsverfahren wie die Triple-Osteotomie nach Tönnis/Steel und die periacetabuläre Osteotomie nach Ganz waren der Salter-Osteotomie hinsichtlich der erzielten lateralen Überdachung nicht überlegen. Kritisch muss hierbei allerdings hinterfragt werden, inwiefern die vergleichsweise geringe pathologische vordere Pfannenüberdachung präoperativ das Ergebnis beeinflussen. Obwohl die Ergebnisse der Salter-Osteotomie bezüglich des VCA-Winkels postoperativ im Normbereich lagen, ist die Aussagekraft eingeschränkt, da sich präoperativ keine pathologische vordere Überdachung gezeigt hatte. Auch aufgrund der bisherig mangelnden wissenschaftlichen Untersuchungen müssen die Ergebnisse bei schwerwiegenden präoperativen Befunden in zukünftigen Studien bestätigt werden. Hinsichtlich ausgeprägter Pathologien sind die Triple-Osteotomie und periacetabuläre Osteotomie der Salter-Osteotomie häufig überlegen, da sie ein größeres Korrekturausmaß erreichen können [95, 96]. Hierdurch besteht allerdings die Gefahr einer Überkorrektur mit Hüftimpingement [61]. Auch ist der operative Aufwand für die Salter-Osteotomie geringer. Für Patienten mit schweren Deformitäten stellt die Triple-Osteotomie und periacetabuläre Osteotomie wahrscheinlich die präferierte Therapieoption dar. Inwiefern sich aber derartig schwere Deformitäten erst im Erwachsenenalter manifestieren, ist fraglich. Wahrscheinlich überwiegen bei älteren Patienten geringere Deformitäten.

Studie	Operati- methode	durchschnittliches Operationsalter (Jahre)	Anzahl der untersuchten Hüften	durchschnittliches Follow-up (Jahre)	durchschnittliche Korrektur der Messwerte präoperativ zu postoperativ (Grad)				Belastungs- zone
					Pfannen- neigungs- -winkel	CE-Winkel	Migrations- index		
Salter et al. (1984)	Salter	-	55	2 - 21	12	18	-	-	
Bohm et al. (1999)	Salter	24,8	33	3,5	-	16,4	-	-	
Wong-Chung et al. (1990)	Salter	17	15	0,3	-	20,3	-	-	
Bohm et al. (2003)	Salter	22	69	7,6	13	19	20	-	
McCarthy et al. (1996)	Salter	22	31	5,9	10	13,2	-	-	
vorliegende Arbeit	Salter	27,8	49	6,9	13,8	19,7	19	11,2	
Küpper (2002)	Triple	24,6	56	11,5	-	22,4	22	19,5	
Kirschner et al. (2002)	Triple	24	53	2,8	-	21,6	-	17	
Clohisy et al. (2005)	Ganz	17,6	16	4,2	-	44,6	-	-	
Peters et. al. (2006)	Ganz	28	83	3,8	12	24,7	-	-	

Tabelle 12: Übersicht der Ergebnisse verschiedener Beckenosteotomien

### **Arthroseentwicklung und Survival**

Zur Beurteilung degenerativer Veränderungen wurde das Klassifikationssystem nach Kellgren und Lawrence verwendet. In der vorliegenden Arbeit zeigten sich präoperativ bei 21% der Hüften keine oder lediglich fragliche Anzeichen einer Arthrose. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde festgestellt, dass der Anteil auf 13% gesunken war. Dies entspricht einer Verschlechterung bei 4 Hüften innerhalb dieser Gruppe. Der präoperative Anteil von 71% mit gering ausgeprägter Arthrose steigerte sich dementsprechend auf 77%. Bei 8% der Hüften wurde präoperativ eine mäßige Arthrose ermittelt. Dieser Anteil steigerte sich um 25% gruppenintern auf 10%. Schwere Ausprägungsformen sowie der Einsatz eines artifiziiellen Hüftgelenkersatzes wurden hierbei nicht festgestellt.

Zusammenfassend gab es bei 43 Hüften (90%) keine Veränderungen hinsichtlich des Schweregrads der Coxarthrose zwischen präoperativem Zustand und Nachuntersuchung. Bei 5 Hüften (10%) konnte eine Verschlechterung um ein Grad festgestellt werden.

Anhand dieser Erkenntnisse zeigt sich, dass das vorliegende Arthrosetadium nach durchgeführter Salter-Osteotomie bei den meisten Patienten konstant bleibt und nur selten über die Zeit langsam verschlechtert. Diese Progredienz lässt sich vor allem von fraglichen Pathologien (Grad I) zu leichten degenerativen Veränderungen ableiten (Grad II).

Sobald allerdings Arthrosetadium II erreicht wird, bleibt der Zustand im Rahmen des gewählten Nachuntersuchungsintervalls von 6,9 Jahren anscheinend weitgehend konstant. Dennoch hat sich trotz des vergleichsweise hohen Patientenalters keine schwere Form einer Arthrose entwickelt.

Bohm et al. (1999) untersuchten 33 Hüften 3,5 Jahre nach Salter-Osteotomie. Dabei waren präoperativ 11 Hüften ohne degenerative Erkrankungen, 15 wiesen leichte Veränderungen auf und in 7 Fällen stellte sich eine mäßige Arthrose dar. Im Rahmen der Nachuntersuchung war bei 11 Hüften eine Verbesserung um ein Grad festzustellen, 17 Hüften blieben unverändert und 5 Hüften verschlechterten sich um eine Stufe. Die Autoren folgerten aus ihren Erkenntnissen, dass sich degenerative Erkrankungen trotz operativer Behandlung weiter verschlechtern, sobald sich ein mäßiges Arthrosetadium entwickelt hat [84].

Nach periacetabulärer Osteotomie fanden Clohisy et al. (2005) eine Progression der Arthroseentwicklung bei 31% der Patienten [96].

Laut Küpper (2002) kam es 11,2 Jahre nach Triple-Osteotomie lediglich bei 7,1% der Patienten zu einer Verschlechterung der Coxarthrose [65].

Die Überlebensrate einer Beckenosteotomie wird häufig mithilfe der Häufigkeit eines Wechsels auf eine Totalendoprothese bestimmt. In der vorliegenden Studie war bis zum

Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei keinem der Patienten die Umstellung auf eine Totalendoprothese erforderlich, allerdings betrug das Follow-Up lediglich 6,9 Jahre. Weitere Studien müssen zeigen, inwiefern die Überlebensrate der Salter-Osteotomie längerfristig zu bewerten ist.

Weitere Studien kommen zu einem ähnlichen Ergebnis bei mittelfristigem Follow-Up.

Bohm et al. (2003) fanden nach 7,6 Jahren bei 69 Hüften keine Indikation für Umstellungen auf Totalendoprothesen [85]. McCarthy et al. (1996) berichteten nach durchschnittlich 5,9 Jahren über zwei Umstellungen bei insgesamt 25 Patienten. Dies entspricht einer Konversionsrate von 8% [11].

Die Konversionsrate zur Totalendoprothese nach periacetabulärer Osteotomie wird in der aktuellen Literatur zwischen 0%-19% angegeben [87, 97, 98]. Hinsichtlich der Triple-Osteotomie variiert die Rate zwischen 1,3% und 11,7% [99-103].

Trotzdem muss angemerkt werden, dass der Vergleich der Endergebnisse durch verschiedene Faktoren hochgradig beeinflusst wird. Wichtig sind hierbei das präoperative Ausmaß der Hüft dysplasie und Coxarthrose sowie das unterschiedliche

Nachuntersuchungsintervall in den Studien. Milles et al. (2009) beschrieben das Risiko einer Therapie durch Endoprothese nach periacetabulärer Osteotomie bei 12% bis 27%. Dabei war das Risiko maßgeblich vom präoperativen Arthrosegrad abhängig [89]. Auch Matheney et al. (2009) fanden einen Anstieg der Konversionsrate im Laufe der Zeit [104].

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Lost to Follow-Up. Bei spät diagnostizierten Hüft dysplasien ist dies ein bekanntes Problem in den meisten Studien.

Die Beeinflussung der Ergebnisse betrifft dabei vor allem die Konversionsrate auf eine Totalendoprothese. Im Rahmen dieser Arbeit lag der Anteil des Lost to Follow-Up bei etwa 20% und ist damit vergleichbar mit den meisten anderen Studien. Dabei variierte der Anteil zwischen 7% und 36% [11, 87, 104-106].

Außerdem waren zwei Patienten aufgrund negativer Erfahrungen nicht bereit, an der Studie teilzunehmen. Da hierbei keine weiteren Informationen hinsichtlich des Gesundheitszustandes ermittelt werden konnten, muss davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Salter-Osteotomie in diesen Fällen nicht zufriedenstellend waren.

Die vorliegende Arbeit bestätigt die Beobachtungen, durch eine operative Reorientierung der subluxierten Hüfte das Fortschreiten der Arthroseentwicklung zu verlangsamen. Bei 10% der Patienten kam es zu einer Progression der vorbestehenden Arthrose. Dies ist als ein gutes Ergebnis zu bewerten.

Da degenerative Erkrankungen langsam progredient verlaufen, sind die Ergebnisse jedoch aufgrund des lediglich mittelfristigen Nachuntersuchungsintervalls kritisch zu beurteilen.

Allerdings muss betont werden, dass es sich bei den ausgewerteten Arthrostadien um rein objektive Messwerte handelt, die nur bedingt mit den funktionellen Ergebnissen und der Patientenzufriedenheit korrelieren.

### **Klinische Untersuchung und Scores**

Die Bewertung des klinischen Ergebnisses nach spät diagnostizierter kongenitaler Hüftdysplasie ist ein wichtiger Parameter, da ein Großteil der Patienten durch limitierte tägliche körperliche Aktivität und Schmerz klinisch auffällig wird [97]. Das funktionelle Ergebnis in dieser Arbeit ist als gut zu bewerten bei einem Harris-Hip-Score von 85 und einem WOMAC von 14. Diese Resultate sind vergleichbar mit vorherigen Studien bei Erwachsenen. Bohm et al. (2003) beschrieb einen Harris-Hip-Score von 82 nach 3,5 Jahren, bei McCarthy et al. (1996) lag das Ergebnis bei 88 nach 7,3 Jahren [11, 85]. Kritisch muss aber beachtet werden, dass in unserer Studie 20% der Patienten nicht nachuntersucht werden konnten und 2 Patienten explizit wegen Unzufriedenheit die Nachuntersuchung abgelehnt hatten.

Im Hinblick auf die periacetabuläre Osteotomie wird in diversen Studien postoperativ über einen WOMAC von 9 bis 25 und einen Harris-Hip-Score von 85 bis 90 berichtet [87, 88, 98, 105, 107]. Nach der Triple-Osteotomie wird der Harris-Hip-Score mit 81 und 89 angegeben [65, 108]. Damit sind die Ergebnisse der alternativen Therapieverfahren vergleichbar mit denen der Salter-Osteotomie.

Gute oder exzellente Resultate des Harris-Hip-Score zeigten sich bei 71% unserer Patienten nach Salter-Osteotomie. Dies ist vergleichbar mit dem Ergebnis von 79% einer Studie von Ning et al. (2014), bei der 652 Patienten vorwiegend mittels Pemberton- und Salter-Osteotomie behandelt wurden [109]. Bohm et al. (1999) stellten fest, dass sich der Harris-Hip-Score bei fortgeschrittener Coxarthrose signifikant weniger verbesserte im Vergleich zu geringen degenerativen Veränderungen [84].

Nach periacetabulärer Osteotomie schwankt der Anteil laut aktueller Literatur zwischen 75% und 93% bei einem Patientenalter von 21 bis 32 Jahren nach einem Follow-Up von 2 bis 11 Jahren [89, 110, 111]. Kirschner et al. (2002) berichtete über eine Quote guter und exzellenter Ergebnisse im Harris-Hip-Score von 68% nach Triple-Osteotomie [65]. In einer weiteren Studie von Janssen et al. (2009) lag der Anteil bei 67% [108].

Obwohl die genannten Quoten nach Salter-Osteotomie mit anderen Beckenumstellungsosteotomien vergleichbar sind, muss der direkte Vergleich aufgrund der heterogenen Patientenkollektive, der unterschiedlichen Bewertungsinstrumente und der Follow-Ups mit Zurückhaltung erfolgen.

## Komplikationen

Die Minimierung von Komplikationen ist ein wichtiges Ziel der Beckenumstellungsosteotomien. In der Literatur werden Komplikationsraten bis zu 41% für Minor-Komplikationen und 37% für Major-Komplikationen angegeben [90]. Zu den Major-Komplikationen zählen hauptsächlich Wundheilungsstörungen, tiefe Wundinfekte, Pseudarthrosen und Nervenläsionen [90, 97].

In dieser Studie zeigt sich hinsichtlich der Wundinfektionsrate, dass die Gewindestäbe initial relativ lang das Os ilium überragen, um deren Entfernung zu erleichtern. Dies führte jedoch wahrscheinlich bei 4 (8%) der 6 (12%) Patienten zu einer beeinträchtigten Wundheilung mit konsekutivem Wundinfekt. Nach chirurgischem Débridement und Entfernung der Metallstäbe wurde eine komplikationslose Ausheilung der Wunden erreicht. Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Kürzung der Metallstäbe intraoperativ von großer Bedeutung.

Insgesamt kam es unter den 43 Patienten nach Primäroperation bei 11 Patienten (26%) zu postoperativen Komplikationen. Bei 7 dieser Patienten (64%) war ein Revisionseingriff erforderlich. Hierdurch konnte in 6 Fällen (86%) eine vollständige Genesung erzielt werden. Lediglich bei einem Patienten muss auch nach Revision von einer dauerhaften Beeinträchtigung ausgegangen werden. Dies entspricht einem Anteil von etwa 2% gemessen am Gesamtkollektiv mit Primäreingriff. Bei 4 Patienten (36%) mit postoperativen Komplikationen nach Primäreingriff wurde ohne Revision eine vollständige Genesung erreicht.

Nach Revisionseingriff hingegen wurde eine deutlich höhere Komplikationsrate gefunden. Von den 6 Patienten im Kollektiv kam es bei 50% zu Komplikationen, welche allesamt eine erneute Revision erforderlich machten. Dennoch ist bei 2 Patienten (33%) auch nach teils mehrmaliger Revision eine persistierende Beeinträchtigung wahrscheinlich.

Diese Ergebnisse zeigen nicht nur, dass die Komplikationsrate nach Revisionseingriffen im Vergleich zu Primäreingriffen deutlich höher liegt, sondern auch schwerwiegendere Komplikationen mit einem größeren Risiko einer dauerhaften Schädigung auftreten.

Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen anderer Autoren.

Bohm et al. (1999) berichteten über eine Komplikationsrate von 21% (6/29) bei Erwachsenen nach Salter-Osteotomie [84]. McCarthy et al. (1996) fanden nach der Salter-Osteotomie Komplikationen bei 19% (6/69) der Patienten, wobei es bei 3% zu Pseudarthrosen, bei 3% zu tiefen Wundinfekten, bei 3% zu heterotrophen Ossifikationen und bei 8% zu



Nervenläsionen kam [11]. In der vorliegenden Studie kam es in 4% zu Pseudarthrosen, in 12% zu tiefen Wundinfekten und in 6% zu Nervenläsionen.

Über ähnliche Komplikationen wurde nach periacetabulären Osteotomien berichtet, wobei die Major-Komplikationsrate zwischen 6% und 37% variiert [86, 97, 104]. Hinsichtlich der Triple-Osteotomie schwankt die Komplikationsrate zwischen 13% und 33% [1, 101, 112]. Zusätzlich muss noch die Chiari-Osteotomie erwähnt werden.

Diese findet selten als Salvage-Operation beim Erwachsenen Anwendung, wenn eine acetabuläre Neuorientierung aufgrund ausgeprägter Deformitäten des Femurkopfes oder Acetabulums unmöglich ist. Eine weitere Indikation stellt die instabile Hüfte im Kindesalter dar [34, 35].

Bezüglich der Komplikationsrate ist ein Vergleich der Prozeduren kaum möglich, da die entsprechenden Daten bisher nicht einheitlich erhoben wurden. Allerdings sind im Rahmen der Chiari-Osteotomie Komplikationen hinsichtlich der Knochenheilung und mangelnder vorderer Überdachung des Femurkopfes bekannt [113].

Insgesamt bietet die Chiari-Osteotomie radiologisch eine zufriedenstellende Überdachung des Hüftkopfes, bleibt allerdings aufgrund der genannten Nachteile normalerweise ausgewählten Fällen als Bergungsverfahren vorbehalten [34, 35, 93, 113].

Eine Korrelation zwischen Ausmaß der chirurgischen Korrektur der Hüft dysplasie und der Komplikationsrate konnte in dieser Studie nicht beobachtet werden. Dennoch zeigen die meisten Studien zu Beckenumstellungsosteotomien bei Kindern generell bessere Ergebnisse bei weniger Komplikationen im Vergleich zu Erwachsenen. Aus diesem Grund sollte die operative Korrektur einer Hüft dysplasie weiterhin vor Abschluss des Beckenwachstums angestrebt werden.

## Weitere Limitierungen

Folgende weitere Limitierungen ergeben sich für die vorliegende Studie.

Erstens wurde der Fragebogen in dieser rein retrospektiv angelegten Studie lediglich postoperativ erhoben, daher ist kein direkter Vergleich mit dem subjektiven Empfinden präoperativ möglich. Andererseits wird die Indikation einer Beckenosteotomie in der Regel von erheblichen Beschwerden des Patienten abhängig gemacht und kann daher adäquat mit den Ergebnissen der Fragebögen korreliert werden.

Zweitens waren prä- und postoperative Faux Profil-Aufnahmen nur bei 14 Patienten (29%) verfügbar. Die Bewertung der vorderen Überdachung des Hüftgelenks ist daher kritisch zu beurteilen. Der größte Anteil anderer Studien zu dem Thema hat ebenfalls keine Faux Profil-Aufnahmen durchgeführt,

Drittens ist der Lost-to Follow-Up ein häufiges Problem der meisten Studien zur spät diagnostizierten Hüftdysplasie beim Erwachsenen, wie zuvor erwähnt. In dieser Studie beträgt der Anteil 20% und trägt damit in nicht unerheblichem Maße zur Beeinflussung des Ergebnisses bei.

Auch ist das Follow-Up bei dem gewählten Patientenkollektiv lediglich als mittelfristig zu betrachten. Im Hinblick auf die progrediente Arthroseentwicklung über Jahre ist für eine bessere Beurteilung der Ergebnisse ein längerfristiges Nachuntersuchungsintervall erforderlich. Das Follow-Up ist aber vergleichbar mit den meisten anderen Studien.

Trotz der oben genannten Limitationen liefert diese Studie erhebliche Erkenntnisse und hebt sich von vorherigen Studien positiv ab. Qualitative Merkmale sind insbesondere das relativ lange Nachuntersuchungsintervall bei größerem Patientenkollektiv. Zudem wurden die radiologischen Parameter mit klinischen Befunden und dem subjektiven Befinden der Patienten korreliert. Gegenstand weiterer Studien wird sein, die Ergebnisse hinsichtlich eines verlängerten Nachuntersuchungsintervalls zu beurteilen und mit alternativen operativen Verfahren zu vergleichen.

## 5 Zusammenfassung

Die chirurgische Therapie der spät diagnostizierten, kongenitalen Hüft dysplasie stellt noch immer eine Herausforderung dar. Ziel der operativen Korrektur ist die Prävention oder Verzögerung der Entwicklung einer Coxarthrose bei gutem funktionellen Ergebnis und Schmerzbefreiung.

Zielsetzung dieser Arbeit ist es daher, die Ergebnisse der Salter-Osteotomie im Erwachsenenalter nach Abschluss des Beckenwachstums bei kongenitaler Hüft dysplasie sowohl qualitativ als auch quantitativ zu bewerten. Die Anwendung der Beckenosteotomie nach Salter im Erwachsenenalter wird in der Literatur kritisch bewertet, da das Korrekturausmaß aufgrund der zunehmend rigiden Symphysis pubica laut den meisten Autoren begrenzt ist.

Im Zeitraum von 2004 bis 2013 wurden 49 Salter-Osteotomien bei 45 Erwachsenen (n=49) mit kongenitaler Hüft dysplasie am Klinikum Großhadern durchgeführt.

Das mittlere Alter bei chirurgischem Eingriff betrug 27,6 (16-51) Jahre mit einem Nachuntersuchungsintervall von 6,7 (0,9-11,0) Jahren. Einschlusskriterium war hierbei die abgeschlossene Ossifikation des Beckens, weshalb männliche Patienten das Mindestalter von 18 Jahren zum Operationszeitpunkt erreicht haben mussten. Weibliche Patienten wurden aufgrund der früher abgeschlossenen Ossifikation ab einem Mindestalter von 16 Jahren eingeschlossen.

Evaluiert wurden prä- und postoperative Röntgenaufnahmen (n=49), die postoperative Komplikationsrate (n=49) sowie das klinische Ergebnis anhand standardisierter Fragebögen und Funktionalität des Hüftgelenkes (Harris-Hip-Score [HHS], Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index [WOMAC]) (n=34). Die Hypothese der Studie ist, dass die Salter-Osteotomie auch bei Erwachsenen sicher durchzuführen ist und gute Korrekturmöglichkeiten bietet.

Postoperativ zeigte sich konventionell-radiologisch eine gute acetabuläre Korrektur mit einer signifikanten Verbesserung des CE-Winkels ( $15,4^\circ$  auf  $34,9^\circ$ ), des Ullmann-Sharp-Winkels ( $45,7^\circ$  auf  $32,0^\circ$ ) sowie des Reimers-Migrationsindex ( $33,2\%$  auf  $14,4\%$ ) ( $p < 0,001$ ).

Klinisch fanden sich ebenfalls zufriedenstellende Ergebnisse mit einem WOMAC von  $13,9 \pm 13,3$  und einem HHS von  $85,0 \pm 11,8$ .

Postoperative Komplikationen nach Primäroperation traten zu 22% (n=11) auf, bei 14% (n=7) war ein Revisionseingriff indiziert. Der Einsatz eines endoprothetischen Hüftgelenkersatzes war bei keinem Patienten erforderlich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

Insgesamt zeigt sich eine höhere Komplikationsrate im Vergleich zu Studien mit einem jüngeren Patientenkollektiv. Verglichen mit einem aus Erwachsenen bestehenden Patientenkollektiv liegt die Komplikationsrate auf einem ähnlichen Niveau wie in anderen Studien nach Beckenumstellungsosteotomien.

Abschließend zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Beckenosteotomie nach Salter bei kongenitaler Hüft dysplasie sowohl eine gute acetabuläre Korrektur erlaubt als auch zufriedenstellende klinische Ergebnisse erzielt. In ausgewählten Fällen stellt die Technik somit eine adäquate Option dar, obwohl die periacetabuläre Osteotomie insbesondere in schweren Fällen kongenitaler Hüft dysplasie aufgrund der größeren Korrekturmöglichkeit vorzuziehen ist.

## 6 Literaturverzeichnis

1. de Kleuver, M., et al., *Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: results at 8 to 15 years*. J Bone Joint Surg Br, 1997. **79**(2): p. 225-229.
2. Klaue, K., C.W. Durnin, and R. Ganz, *The acetabular rim syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 1991. **73**(3): p. 423-429.
3. Morscher, E., *Kombinierte Beckenosteotomie nach Salter und varisierender Derotationsosteotomie am oberen Femurende. Beckenosteotomie, Pfannendachplastik*. 1965, Stuttgart: Thieme.
4. Salter, R.B., G. Hansson, and G.H. Thompson, *Innominate osteotomy in the management of residual congenital subluxation of the hip in young adults*. Clin Orthop Relat Res, 1984. **182**: p. 53-68.
5. Cooperman, D.R., R. Wallenstein, and S.D. Stulberg, *Acetabular dysplasia in the adult*. Clin Orthop Relat Res, 1983. **175**: p. 79-85.
6. Weinstein, S.L., *Natural history of congenital hip dislocation (CDH) and hip dysplasia*. Clin Orthop Relat Res, 1987. **225**: p. 62-76.
7. Wiberg, G., *Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint: with special reference to the complication of osteoarthritis*. Acta Chir Scand Suppl, 1939. **58**: p. 7-135.
8. Salter, R.B., *Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip*. J Bone Joint Surg Br, 1961. **43**: p. 518-539.
9. Jäger, M., et al., *Indikation und Ergebnisse hüftnaher Osteotomien bei Dysplasie*. Der Orthopäde, 2008. **37**(6): p. 556-576.
10. Utterback, J.D. and G.D. MacEwen, *Comparison of pelvic osteotomies for the surgical correction of the congenital hip*. Clin Orthop Relat Res, 1974. **98**: p. 104-110.
11. McCarthy, J.J., J.S. Fox, and A.R. Gurd, *Innominate osteotomy in adolescents and adults who have acetabular dysplasia*. J Bone Joint Surg Am, 1996. **78**(10): p. 1455-1461.
12. Wong-Chung, J., M. Ryan, and T.M. O'Brien, *Movement of the femoral head after Salter osteotomy for acetabular dysplasia*. J Bone Joint Surg Br, 1990. **72**: p. 563-567.
13. Wedge, J.H. and R.B. Salter, *Innominate osteotomy: its role in the arrest of secondary degenerative arthritis of the hip in the adult*. Clin Orthop Relat Res, 1974. **98**: p. 214-224.
14. Tönnis, D., *Allgemeine Röntgendiagnostik des Hüftgelenks*. In: *Die angeborene Hüft dysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter*. 1984, Berlin: Springer.
15. Lanz, T.v. and W. Wachsmuth, *Praktische Anatomie*. 1938, Berlin: Springer.
16. Greenwald, A.S. and D.W. Haynes, *Weight-bearing areas in the human hip joint*. J Bone Joint Surg Br, 1972. **54**(1): p. 157-163.
17. Tschauner, C., S. Hofmann, and C. Czerny, *Hüft dysplasie. Morphologie, Biomechanik und therapeutische Prinzipien unter Berücksichtigung des Labrum acetabulare*. Der Orthopäde, 1997. **26**: p. 89-108.
18. Wurzinger, L.J., *Hüfte, Oberschenkel und Knie*. In: *Duale Reihe - Anatomie*. 2007, Stuttgart: Thieme. S. 328-381.
19. Pauwels, F., *Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte*. 1973, Berlin/Heidelberg/New York: Springer.

20. Pauwels, F., *Der Schenkelhalsbruch - Ein mechanisches Problem - Grundlagen des Heilungsvorganges. Prognose und kausale Therapie.* Z Orthop Chir Suppl, 1935. **63**: p. 38-43.
21. Heimkes, B., et al., *Function-Orientated Structural Analysis of the Proximal Human Femur.* Cells Tissues Organs, 2009. **190**: p. 247-255.
22. Heimkes, B., et al., *Forces acting on the juvenile hip joint in the one-legged stance.* J Pediatr Orthop, 1993. **13**(4): p. 431-6.
23. Ficklscherer, A., *Orthopädie und Traumatologie.* 3. Aufl. ed. 2012, München: Urban & Fischer Verlag.
24. Apley, A.G., et al., *Apley's System Of Orthopaedics And Fractures.* 9th Ed. ed. 2010, London: Hodder Arnold.
25. Niethard, F.U., M. Weber, and K.D. Heller, *Hüftgelenk und Oberschenkel. Orthopädie compact.* 1. Aufl. ed. 2005, Stuttgart: Thieme.
26. Bombelli, R., *Structure and Function in Normal and Abnormal Hips, How to Rescue Mechanically Jeopardized Hips.* 1993, Berlin/Heidelberg: Springer.
27. Moseley, *Pelvic osteotomies.*  
<http://www.pedipod.com/Singles/PelvicOsteotomies.pdf>, 2013.
28. Hefti, F., *Becken, Hüfte und Oberschenkel.* In: *Kinderorthopädie in der Praxis.* 2. Auflage ed. 2006, Berlin: Springer. 164-278.
29. Pemberton, P.A., *Pericapsular Osteotomy of the Ilium for Treatment of Congenital Subluxation and Dislocation of the Hip.* J Bone Joint Surg Am, 1965. **47**: p. 65-86.
30. Ganz, R., et al., *A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias. Technique and preliminary results.* Clin Orthop Relat Res, 1988. **232**: p. 26-36.
31. Niethard, F.U., J. Pfeil, and P. Biberthaler, *Hüftgelenk und Oberschenkel.* In: *Orthopädie und Unfallchirurgie.* 6. Auflage ed. 2009, Stuttgart: Thieme. S. 508-534.
32. Steel, H.H., *Triple osteotomy of the innominate bone.* J Bone Joint Surg Am, 1973. **55**(2): p. 343-350.
33. Tönnis, D., *Surgical treatment of congenital dislocation of the hip.* Clin Orthop Relat Res, 1990. **258**: p. 33-40.
34. Macnicol, M.F., H.K. Lo, and K.F. Yong, *Pelvic remodelling after the Chiari osteotomy. A long-term review.* J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(5): p. 648-654.
35. Sales de Gauzy, J., *Pelvic reorientation osteotomies and acetabuloplasties in children. Surgical technique.* Orthop Traumatol Surg Res, 2010. **96**(7): p. 793-799.
36. Henle, P., M. Tannast, and K.A. Siebenrock, *Bildgebende Diagnostik der Hüftdysplasie.* Der Orthopäde, 2008. **37**(6): p. 525-531.
37. Hellinger, J., *Meßmethoden in der Skelettradiologie.* 1995, Stuttgart: Thieme Verlag.
38. Ullmann, K., *Zur Frage der röntgenologischen Beurteilung des knöchernen Pfannedaches mit weiteren Ergebnissen der Röntgenstammbaumforschung.* Verh Dtsch Orthop Ges, 33. Kongr. Z Orthop, 1939. **69**: p. 268-271 (Beilagenheft).
39. Sharp, I., *Acetabular dysplasia, the acetabular angle.* J Bone Joint Surg, 1961. **43B**: p. 268.
40. Zippel, H., *Untersuchungen zur Normalentwicklung der Formelemente am Hüftgelenk im Wachstumsalter.* Beitr Orthop, 1971. **18**: p. 255-270.

41. Wiberg, G., *Mechanisch-funktionelle Faktoren als Ursache der Arthritis deformans in Hüft- und Kniegelenk*. Z Orthop, 1945. **76**: p. 260-285.
42. Wiberg, G., *Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint: with special reference to the complication of osteoarthritis*. Acta Chir Scand Suppl, 1939. **58**: p. 7-135.
43. Clohisy, J.C., et al., *A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip*. J Bone Joint Surg Am, 2008. **90 Suppl 4**: p. 47-66.
44. Anderson, L.A., et al., *Center edge angle measurement for hip preservation surgery: technique and caveats*. Orthopedics, 2011. **34**(2): p. 86.
45. Tönnis, D., et al., *Triple pelvic osteotomy*. J. Pediatr. Orthop., 1994. **3**: p. 54-67.
46. Tönnis, D., K. Kalchschmidt, and A. Heineke, *Die Hüftpfannenschwenkung durch Dreifachosteotomie des Beckens - Stellenwert und Indikation in der Vielfalt operativer Korrekturen der Dysplasiehüfte*. Orthop. Prax., 1999. **35**: p. 607-620.
47. Lequesne, M. and S. de Seze, *False profile of the pelvis. A new radiographic incidence for the study of the hip. Its use in dysplasias and different coxopathies*. Rev Rhum Mal Osteoartic, 1961. **28**: p. 643-652.
48. Reimers, J., *The stability of the hip in children. A radiological study of the results of muscle surgery in cerebral palsy*. Acta Orthop Scand Suppl, 1980. **184**: p. 1-100.
49. Perkins, G., *Signs by which to diagnose congenital dislocation of the hip*. Lancet, 1928. **214**: p. 648-650.
50. Murphy, S.B., R. Ganz, and M.E. Muller, *The prognosis in untreated dysplasia of the hip. A study of radiographic factors that predict the outcome*. J Bone Joint Surg Am, 1995. **77**(7): p. 985-989.
51. Onimus, M., et al., *Prevention of hip dislocation in cerebral palsy by early psoas and adductors tenotomies*. J Pediatr Orthop, 1991. **11**(4): p. 432-435.
52. Heyman, C.H. and C.H. Herndon, *Legg-Perthes disease: a method for the measurement of the roentgenographic result*. J Bone Joint Surg Am, 1950. **32**(4): p. 767-778.
53. Idelberger, K. and A. Frank, *Über eine neue Methode zur Bestimmung des Pfannendachwinkels beim Jugendlichen und Erwachsenen*. Z Orthop, 1952. **82**: p. 571-577.
54. (Hrsg.), D.G.f.O.d.u.o.d.C. and B.d.A.r.f.O.d. (Hrsg.), *Leitlinien der Orthopädie*. 2002: Köln. p. Kap. 9.
55. Kellgren, J.H. and J.S. Lawrence, *Radiological assessment of osteo-arthritis*. Ann Rheum Dis, 1957. **16**(4): p. 494-502.
56. Goslings, J.C. and D.J. Gouma, *What is a surgical complication?* World J Surg, 2008. **32**(6): p. 952.
57. Bellamy, N., *Osteoarthritis — an evaluative index for clinical trials [MSc thesis]*. 1982, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.
58. Harris, W.H., *Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: Treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation*. J Bone Joint Surg Am, 1969. **51**(4): p. 737-755.
59. Aprato, A., N. Jayasekera, and R.N. Villar, *Does the modified Harris hip score reflect patient satisfaction after hip arthroscopy?* Am J Sports Med, 2012. **40**(11): p. 2557-2560.

60. Babhulkar, S., *Unstable trochanteric fractures: Issues and avoiding pitfalls*. Injury, 2017. **48**(4): p. 803-818.
61. Wang, C.W., et al., *Comparison of acetabular anterior coverage after Salter osteotomy and Pemberton acetabuloplasty: a long-term followup*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **472**(3): p. 1001-1009.
62. Bulut, M., et al., *Salter pelvic osteotomy in the treatment of Legg-Calve-Perthes disease: the medium-term results*. Acta Orthop Belg, 2014. **80**(1): p. 56-62.
63. Kayser, A., *Indikationen, Komplikationen sowie kurzfristige radiologische Ergebnisse der Pfannenschwenkosteotomie nach Salter*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2012.
64. Niclauß, L., *Langzeitanalyse der Beckenosteotomie nach Salter bei kongenitaler Hüftdysplasie*. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2002.
65. Küpper, A., *Mittelfristige Ergebnisse der dreifachen Beckenosteotomie nach Tönnis. Eine klinische und radiologische Nachuntersuchung nach 11,5 Jahren*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, 2002.
66. Pope, D.F., H.U. Bueff, and P.A. DeLuca, *Pelvic osteotomies for subluxation of the hip in cerebral palsy*. J Pediatr Orthop, 1994. **14**(6): p. 724-730.
67. Böhm, P. and A. Brzuske, *Salter Innominate Osteotomy for the Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip in Children: Results of Seventy-three Consecutive Osteotomies After Twenty-six to Thirty-five Years of Follow-up*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84**(2): p. 178-186.
68. Thomas, S.R., J.H. Wedge, and R.B. Salter, *Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(11): p. 2341-2350.
69. Pons, C., et al., *Validity and reliability of radiological methods to assess proximal hip geometry in children with cerebral palsy: a systematic review*. Dev Med Child Neurol, 2013. **55**(12): p. 1089-1102.
70. Faraj, S., W.G. Atherton, and N.S. Stott, *Inter- and intra-measurer error in the measurement of Reimers' hip migration percentage*. J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(3): p. 434-437.
71. Kitoh, H., H. Kaneko, and N. Ishiguro, *Radiographic analysis of movements of the acetabulum and the femoral head after Salter innominate osteotomy*. J Pediatr Orthop, 2009. **29**(8): p. 879-884.
72. Clohisy, J.C., et al., *Radiographic evaluation of the hip has limited reliability*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(3): p. 666-675.
73. Riddle, D.L., W.A. Jiranek, and J.R. Hull, *Validity and reliability of radiographic knee osteoarthritis measures by arthroplasty surgeons*. Orthopedics, 2013. **36**(1): p. 25-32.
74. Reijman, M., et al., *Validity and reliability of three definitions of hip osteoarthritis: cross sectional and longitudinal approach*. Ann Rheum Dis, 2004. **63**(11): p. 1427-1433.
75. Holzer, N., et al., *Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the Kellgren-Lawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms*. Osteoarthritis Cartilage, 2015. **23**(3): p. 363-369.
76. Spector, T.D. and C. Cooper, *Radiographic assessment of osteoarthritis in population studies: whither Kellgren and Lawrence?* Osteoarthritis Cartilage, 1993. **1**(4): p. 203-206.
77. Tönnis, D., *Arbeitskreis Hüftdysplasie der DGOT*. 1985.



78. Hinman, R.S., et al., *Which is the most useful patient-reported outcome in femoroacetabular impingement? Test-retest reliability of six questionnaires*. Br J Sports Med, 2014. **48**(6): p. 458-463.
79. Söderman, P. and H. Malchau, *Is the Harris hip score system useful to study the outcome of total hip replacement?* Clin Orthop Relat Res, 2001(384): p. 189-197.
80. Hoeksma, H.L., et al., *Comparison of the responsiveness of the Harris Hip Score with generic measures for hip function in osteoarthritis of the hip*. Ann Rheum Dis, 2003. **62**(10): p. 935-938.
81. Stucki, G., et al., *[Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]*. Z Rheumatol, 1996. **55**(1): p. 40-49.
82. Knahr, K., et al., *[Evaluating the quality of life before and after implantation of a total hip endoprosthesis]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1998. **136**(4): p. 321-329.
83. Tönnis, D., *Indikationen und Ergebnisse der Dreifachosteotomie nach Tönnis. In: Gelenknahe Osteotomien bei der Dysplasiehüfte des Adoleszenten und jungen Erwachsenen*. 1983, Stuttgart: Thieme. S. 103-111.
84. Böhm, P., H.M. Klinger, and W. Kusswetter, *The Salter innominate osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip in young adults*. Arch Orthop Trauma Surg, 1999. **119**(3-4): p. 186-189.
85. Böhm, P. and G. Weber, *Salter's innominate osteotomy for hip dysplasia in adolescents and young adults: results in 58 patients (69 osteotomies) at 4-12 years*. Acta Orthop Scand, 2003. **74**(3): p. 277-286.
86. Sakamoto, T., M. Naito, and Y. Nakamura, *Outcome of peri-acetabular osteotomy for hip dysplasia in teenagers*. Int Orthop, 2015. **39**(11): p. 2281-2286.
87. Kralj, M., et al., *The Bernese periacetabular osteotomy: clinical, radiographic and mechanical 7-15-year follow-up of 26 hips*. Acta Orthop, 2005. **76**(6): p. 833-840.
88. Zhu, J., et al., *Mid-term results of Bernese periacetabular osteotomy for developmental dysplasia of hip in middle aged patients*. Int Orthop, 2013. **37**(4): p. 589-94.
89. Millis, M.B., et al., *Periacetabular osteotomy for acetabular dysplasia in patients older than 40 years: a preliminary study*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(9): p. 2228-2234.
90. Biedermann, R., et al., *Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy*. Int Orthop, 2008. **32**(5): p. 611-617.
91. Peters, C.L., J.A. Erickson, and J.L. Hines, *Early results of the Bernese periacetabular osteotomy: the learning curve at an academic medical center*. J Bone Joint Surg Am, 2006. **88**(9): p. 1920-1926.
92. Kirschner, S., et al., *Kurz- bis mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse mit der dreifachen Beckenosteotomie nach Tönnis im Jugend- und Erwachsenenalter*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2002. **140**(05): p. 523-526.
93. Fong, H.C., et al., *Chiari osteotomy and shelf augmentation in the treatment of hip dysplasia*. J Pediatr Orthop, 2000. **20**(6): p. 740-744.
94. Nakano, S., et al., *Treatment of dysplastic osteoarthritis with labral tear by Chiari pelvic osteotomy: outcomes after more than 10 years follow-up*. Arch Orthop Trauma Surg. , 2008. **128**: p. 103-9.

95. Maheshwari, R. and S.S. Madan, *Pelvic osteotomy techniques and comparative effects on biomechanics of the hip: a kinematic study*. Orthopedics, 2011. **34**(12): p. 821-826.
96. Clohisy, J.C., et al., *Periacetabular Osteotomy for the Treatment of Severe Acetabular Dysplasia*. J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(2): p. 254-259.
97. Clohisy, J.C., et al., *Periacetabular osteotomy: a systematic literature review*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(8): p. 2041-52.
98. Ito, H., et al., *Intermediate to long-term results of periacetabular osteotomy in patients younger and older than forty years of age*. J Bone Joint Surg Am, 2011. **93**(14): p. 1347-1354.
99. Mimura, T., et al., *Triple pelvic osteotomy: Report of our mid-term results and review of literature*. World J Orthop, 2014. **5**(1): p. 14-22.
100. von Bremen-Kuhne, R., H. de la Vega-Salgado, and R. Steffen, *[Triple pelvic osteotomy (according to Tonnies and Kalchschmidt) in the treatment of acetabular dysplasia--medium-term results]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2006. **144**(5): p. 484-91.
101. Vukasinovic, Z., et al., *Triple pelvic osteotomy for the treatment of residual hip dysplasia. Analysis of complications*. Hip Int, 2009. **19**(4): p. 315-322.
102. Dungl, P., et al., *The role of triple pelvic osteotomy in therapy of residual hip dysplasia and sequel of AVN: long-term experience*. Hip Int, 2007. **17 Suppl 5**: p. S51-64.
103. van Hellemond, G.G., et al., *Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: Results at a mean follow-up of 15 years*. The Bone & Joint Journal, 2005. **87-B**(7): p. 911-915.
104. Matheney, T., et al., *Intermediate to long-term results following the Bernese periacetabular osteotomy and predictors of clinical outcome*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91**(9): p. 2113-23.
105. Troelsen, A., *Assessment of adult hip dysplasia and the outcome of surgical treatment*. Dan Med J, 2012. **59**(6): p. B4450.
106. Steppacher, S.D., et al., *Mean 20-year followup of Bernese periacetabular osteotomy*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(7): p. 1633-44.
107. Grammatopoulos, G., et al., *What Is the Early/Mid-term Survivorship and Functional Outcome After Bernese Periacetabular Osteotomy in a Pediatric Surgeon Practice?* Clin Orthop Relat Res, 2016. **474**(5): p. 1216-1223.
108. Janssen, D., K. Kalchschmidt, and B.D. Katthagen, *Triple pelvic osteotomy as treatment for osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip*. Int Orthop, 2009. **33**(6): p. 1555-9.
109. Ning, B., et al., *Analyses of outcomes of one-stage operation for treatment of late-diagnosed developmental dislocation of the hip: 864 hips followed for 3.2 to 8.9 years*. BMC Musculoskeletal Disorders, 2014. **15**(1): p. 401.
110. Siebenrock, K.A., et al., *Bernese periacetabular osteotomy*. Clin Orthop Relat Res, 1999(363): p. 9-20.
111. Sambandam, S.N., J. Hull, and W.A. Jiranek, *Factors predicting the failure of Bernese periacetabular osteotomy: a meta-regression analysis*. Int Orthop, 2009. **33**(6): p. 1483-8.
112. Hailer, N.P., et al., *Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: age at operation and the incidence of nonunions and other complications influence outcome*. J Bone Joint Surg Br, 2005. **87**(12): p. 1622-6.
113. Karami, M., et al., *The results of Chiari pelvic osteotomy in adolescents with a brief literature review*. J Child Orthop, 2008. **2**(1): p. 63-68.

## 7 Anhang

### 7.1 Patientenfragebogen



#### Nummer

Alter _____ Jahre	Größe _____ cm	Gewicht _____ kg
Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich		
Hüftgelenks-Prothese: <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links und rechts		
Schmerz-Medikamente: <input type="checkbox"/> Nein		
<input type="checkbox"/> Ja - wegen der operierten Hüfte: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		
- wegen anderer Gelenke: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		
Beinlängen-Unterschied: <b>vor</b> Operation: <input type="checkbox"/> kein <input type="checkbox"/> weniger als 3 cm <input type="checkbox"/> mehr als 3 cm		
<b>nach</b> Operation: <input type="checkbox"/> kein <input type="checkbox"/> weniger als 3 cm <input type="checkbox"/> mehr als 3 cm		

Bitte machen Sie ein Kreuz bei der Antwort die Ihren aktuellen Zustand am besten beschreibt!

Wie würden Sie am ehesten Ihr tägliches Aktivitätslevel beschreiben?	
1.	<input type="checkbox"/> <b>Regelmäßige Teilnahme an anspruchsvollen Sportarten</b> z.B. Joggen, Tennis, Ski-fahren, Akrobatik, Ballet, schwere Arbeit, Rucksacktouren
2.	<input type="checkbox"/> <b>Manchmal Teilnahme an anspruchsvollen Sportarten</b>
3.	<input type="checkbox"/> <b>Regelmäßige Teilnahme an sehr aktiven Ereignissen</b> z.B. Golfspielen oder Kegeln
4.	<input type="checkbox"/> <b>Regelmäßige Teilnahme an aktiven Ereignissen</b> z.B. Fahrradfahren
5.	<input type="checkbox"/> <b>Regelmäßige Teilnahme an mittelstarken Aktivitäten</b> z.B. Schwimmen, Hausarbeit und Einkaufen ist ohne Einschränkung möglich
6.	<input type="checkbox"/> <b>Manchmal Teilnahme an mittelstarken Aktivitäten</b>
7.	<input type="checkbox"/> <b>Regelmäßige Teilnahme an milden Aktivitäten</b> z.B. Gehen, Hausarbeit und Einkaufen ist mit gewissen Einschränkungen möglich
8.	<input type="checkbox"/> <b>Manchmal Teilnahme an milden Aktivitäten</b>
9.	<input type="checkbox"/> <b>Meistens inaktiv: auf minimale Aktivitäten des täglichen Lebens eingeschränkt</b>
10.	<input type="checkbox"/> <b>Komplett inaktiv: von anderen abhängig, kann die Wohnung nicht verlassen</b>

---

Bitte immer nur 1 Antwort ankreuzen!

<b>1. Haben Sie zurzeit Schmerzen in der Hüfte?</b>
<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gelegentliche <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> Ruheschmerz
<b>2. Sind Sie in der Lage Treppen zu steigen?</b>
<input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> mit Hilfe eines Geländers <input type="checkbox"/> mit Hilfe anderer Methoden <input type="checkbox"/> nicht möglich
<b>3. Hinken Sie?</b>
<input type="checkbox"/> kein Hinken <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schwer <input type="checkbox"/> Gehen ist nicht möglich
<b>4. Können Sie Schuhe und Strümpfe selbstständig anziehen?</b>
<input type="checkbox"/> ohne Schwierigkeiten <input type="checkbox"/> mit Hilfsmitteln <input type="checkbox"/> unmöglich
<b>5. Wie lange können Sie ohne Beschwerden gehen?</b>
<input type="checkbox"/> unbegrenzt <input type="checkbox"/> ½ bis 1 Stunde <input type="checkbox"/> 10 Minuten bis ½ Stunde <input type="checkbox"/> 2 - 10 Minuten <input type="checkbox"/> unter 2 Minuten/nur im Haus <input type="checkbox"/> unmöglich
<b>6. Können Sie ohne Beschwerden sitzen?</b>
<input type="checkbox"/> normaler Stuhl, 1 Stunde <input type="checkbox"/> hoher Stuhl, ½ Stunde <input type="checkbox"/> keine ½ Stunde möglich
<b>7. Können Sie öffentliche Transportmittel benutzen?</b>
<input type="checkbox"/> möglich <input type="checkbox"/> unmöglich
<b>8. Benutzen Sie eine Gehhilfe?</b>
<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> 1 Gehstock für lange Gänge <input type="checkbox"/> 1 Gehstock dauernd <input type="checkbox"/> 2 Gehstöcke <input type="checkbox"/> 1 Unterarmgehstütze <input type="checkbox"/> 2 Unterarmgehstützen

Bitte immer nur 1 Kästchen ankreuzen!

### Wie starke Schmerzen haben Sie beim...

<b>1. Gehen auf ebenem Boden</b>												
keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schmerzen
<b>2. Treppen hinauf- oder hinuntersteigen</b>												
keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schmerzen
<b>3. Nachts im Bett</b>												
keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schmerzen
<b>4. Sitzen oder liegen</b>												
keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schmerzen
<b>5. Aufrecht stehen</b>												
keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schmerzen

### Wie stark ist Ihre Steifigkeit.....

<b>1. Gerade nach dem Erwachen am Morgen</b>												
keine Steifigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Steifigkeit
<b>2. Nach Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tages</b>												
keine Steifigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Steifigkeit

### Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim...

<b>1. Treppen hinuntersteigen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>2. Treppen hinaufsteigen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>3. Aufstehen vom Sitzen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>4. Stehen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>5. Sich zum Boden bücken</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>6. Gehen auf ebenem Boden</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten

Bitte immer nur 1 Kästchen ankreuzen!

<b>7. Einsteigen ins Auto / Aussteigen aus dem Auto</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>8. Einkaufen gehen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>9. Socken/Strümpfe anziehen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>10. Aufstehen vom Bett</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>11. Socken/Strümpfe ausziehen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>12. Liegen im Bett</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>13. Ins Bad / aus dem Bad steigen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>14. Sitzen</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>15. Sich auf die Toilette setzen / aufstehen von der Toilette</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>16. Anstrengende Hausarbeit</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten
<b>17. Leichte Hausarbeit</b>												
keine Schwierigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extreme Schwierigkeiten

<b>Schmerzen</b>		
kein Schmerz		44
leichter Schmerz	gelegentliche Beschwerden oder geringgradige Schmerzwahrnehmung, die Aktivität ist nicht behindert.	40
geringe Schmerzen	keine Auswirkung auf die durchschnittliche Aktivität, selten mäßige Schmerzen nach ungewohnten Tätigkeiten, gelegentlich z.B. Aspirin.	30
mäßige Schmerzen	Schmerz erträglich, regelmäßige Arbeit möglich, jedoch Behinderung bei gewöhnlicher Aktivität, gelegentlich stärkere Analgetika erforderlich	20
deutliche Schmerzen	starke gelegentlich auftretende und wieder vergehende Schmerzen, ernsthafte Einschränkung des Aktivitätsniveaus, stärkere Schmerzmittel	10
schwere Schmerzen	starker Schmerz auch im Bett, der Schmerz zwingt den Patienten überwiegend im Bett zu bleiben, schwerste Beeinträchtigung	0
<b>Ergebnis</b>		

<b>ADL</b>		
Treppen steigen	eine Stufe nach der anderen ohne Nachziehen des Beines und ohne den Gebrauch eines Geländers	4
	Stufe nach Stufe ohne Nachziehen eines Beines, aber mit Geländer	2
	Treppengehen ist noch möglich mit beliebigen Hilfsmitteln	1
	Patient ist nicht in der Lage Treppen zu steigen	0
Öffentliche Verkehrs-mittel	Patient ist in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen	1
Sitzen	Patient kann bequem auf jedem Stuhl für 1 Stunde sitzen	5
	Patient kann bequem auf einem hohen Stuhl für eine halbe Stunde sitzen	3
	Patient ist nicht in der Lage, auf irgend einem Stuhl bequem zu sitzen	0
Schuhe und Strümpfe anziehen	Patient kann ohne weiteres Strümpfe anziehen und Schuhe binden	4
	Patient kann unter Schwierigkeiten Strümpfe anziehen und Schuhe binden	2
	Patient ist nicht in der Lage, Schuhe oder Strümpfe anzuziehen	0
<b>Ergebnis</b>		

<b>Gehfähigkeit</b>		
Hinken	kein Hinken	11
	leichtes Hinken	8
	mäßiges Hinken	5
	schweres Hinken	0
Gehhilfen	keine	11
	einzelner Stock für längere Strecken	7
	einzelner Stock für die meiste Zeit	5
	eine Unterarm-Gehstütze	3
	zwei Stöcke	2
	zwei Unterarm-Gehstützen oder Gehunfähigkeit	0
Entfernungen	unbegrenzt	11
	zwei Kilometer	8
	200 bis 500 Meter	5
	nur in der Wohnung	2
	Bett oder Stuhl	0
<b>Ergebnis</b>		

<b>Deformitäten</b>		
Adduktions- kontraktur	weniger als 10 Grad	1
	10 Grad oder mehr	0
Innenrotations- kontraktur	weniger als 10 Grad	1
	10 Grad oder mehr	0
Beuge- kontraktur	weniger als 15 Grad	1
	15 Grad oder mehr	0
Beinlängen- differenz	weniger als 3 cm	1
	3 cm oder mehr	0
<b>Ergebnis</b>		

<b>Mobilität (in allen Ebenen)</b>		
Mobilität	300-210°	5
Mobilität	209-160°	4
Mobilität	159-100	3
Mobilität	99-60°	2
Mobilität	59-30°	1
Mobilität	29-0°	0
<b>Ergebnis</b>		

<b>Gesamtergebnis</b>	
-----------------------	--



Bei Erhebung Ihrer Daten werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Ihre persönliche Daten und Befunde werden ausschließlich anonymisiert oder pseudonymisiert verarbeitet d.h. weder Ihr Name noch Ihre Initialen sind aus den Studienergebnissen erkennbar. Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Ethikkommission einverstanden.

**Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme und Ihre Mühe!**

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Patienten

\_\_\_\_\_  
Name des Patienten

\_\_\_\_\_  
Datum